

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ECOLOGÍA DE ZONAS COSTERAS CON
ORIENTACIÓN AL MANEJO DE LOS RECURSOS MARINOS COSTEROS**

**MORFOMETRÍA, DESARROLLO REPRODUCTIVO Y METALES TRAZAS
(Cobre y Cadmio) EN GÓNADAS DE *Anadara tuberculosa* Y SEDIMENTO, EN EL
ESTERO CATÉ, GOLFO DE MONTIJO.**

OMAR ALEXIS TUÑÓN PINEDA

9-702-813

**Tesis presentada como uno de los requisitos
para obtener el grado de Maestro en Ciencias
con Especialización en Ecología de Zonas
Costeras con Orientación al Manejo de los
Recursos Costeros-Marinos**

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

ST

i

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Padre Celestial, a Mi Señor Jesucristo, al Espíritu Santo, a la Virgen María y San José, quienes me han dado la oportunidad de culminar con satisfacción la presente investigación.

Al Doctor Juan Antonio Gómez, Magíster Italo Goti y Doctor Orlando Leone, por su apreciable e importante asesoría profesional y buenos consejos.

A la Licenciada Annyssamid del Cid y a los Licenciados Daniel Carneiro y Carlos Vega por su extraordinaria ayuda.

A los Profesores José Carlos Chang Vivero, Edwin Rodríguez, José Manuel Castillo González y a las profesoras Clarissa Margarita Arce Caraballo, Dixá Medina, Aura Johnson, e Itzi Marleni Vega Cumbreira por su óptima colaboración.

A los miembros de mi familia: Jesús Omar Tuñón González, Nazareth Elvira Tuñón González, Jairo Joel Quintero González, Elvira González Moreno, Juan de Dios Tuñón Almanza, Adelaida Pineda Otero, Agustín Pineda Otero, Celideth Elisa Tuñón Pineda, Dallys Esther Tuñón Pineda, Juan de Dios Tuñón Pineda, César Xavier Pérez Tuñón, Susan Galif Tuñón Tello, Mariana Pineda y Elvis Pérez Pineda. De manera especial a Danilo Chang y Deika de Chang. También a Natividad Tello, Anastacio González Tello y Hortensia Díaz. A todos ellos les doy las gracias por su valioso apoyo, cooperación y comprensión, en las diferentes giras de campo para colecta de muestras, análisis de las muestras en el laboratorio, redacción del documento y otros aportes para la terminación de mi Trabajo de Graduación de Maestría.

A todos los que de una u otra manera contribuyeron para que esta Tesis de Maestría fuera una realidad hoy día:

¡Mil Gracias!

08 MAR 2013

obsequio

18843

DEDICATORIA

Especialmente a mis dos angelitos Jesús y Nazareth y a mi buen lazarillo Joel; los cuales en el presente han estado siempre a mi lado brindándome el cariño y aliento necesario para seguir adelante, no solo en los momentos de alegría, sino también en las situaciones más difíciles que he tenido que enfrentar en mi existencia, y se han convertido junto con mi perseverancia en la razón por la cual cada día al despertar, me levanto y encuentro las fuerzas necesarias para dar mi mayor esfuerzo, aferrado siempre al maravilloso sueño, de cada vez ser mejor como persona.

RESUMEN

felinodeamerica@hotmail.com

Se determinó la morfometría, desarrollo reproductivo y concentración de metales trazas Cobre (Cu) y Cadmio (Cd) en el tejido gonadal de *Anadara tuberculosa* y sedimento, en el estero Caté, localizado en el Golfo de Montijo entre los 7° 44' 25" N y 81° 13' 32" O. Para ello se establecieron seis estaciones de muestreo. En cada uno de estos sitios durante seis meses (febrero a julio de 2007) se midió con un oxímetro multifuncional, los parámetros físico-químicos; a la vez se tomaron muestras de *Anadara tuberculosa*, mediante colecta manual y de sedimento con el uso de nucleadores de PVC de 2" de diámetro. En el laboratorio se evaluó la morfometría de *A. tuberculosa* con ayuda de un vernier y una balanza analítica. La distribución de tallas y el desplazamiento modal para el crecimiento se estimó por medio del análisis de histogramas de la frecuencia de todas las tallas de los organismos mensualmente capturados; mientras que la diferencia de las medianas permitió fijar el crecimiento mensual. A través del uso de un juego de disección se extrajo una sección de cada gónada para preparar placas fijas de acuerdo a la metodología del Manual de Técnicas Histológicas para Moluscos Bivalvos (1983). La diferenciación sexo se realizó bajo el microscopio. Se clasificó la madurez de las gónadas en base a una escala de cuatro etapas reproductivas según el método de Charles Angell (1972) y Gómez y Villalaz (1988). El procesamiento de las muestras para la lectura de metales fue hecho con el uso de las metodologías de Dalziel y Baker (1983) en *A. tuberculosa* y Carmody et al (1973) en sedimento y después con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica de horno grafito fueron leídas para saber la concentración de cada metal. La caracterización granulométrica permitió relacionar la afinidad de los metales trazas de acuerdo al tamaño de la partícula. De los parámetros físico-químicos solo la salinidad mostró fluctuaciones, cuyo máximo aumento en época seca coincidió con el mayor pico reproductivo y su descenso en época intermedia lluviosa concordó con los máximos niveles de metales trazas en tejido gonadal; en tanto que el pH mostró relación con la concentración de Cu en sedimento. *A. tuberculosa* creció unos 4.77 mm por mes; la talla máxima registrada fue de 72.25 mm y mínima de 28.05 mm con una media de 53.64 mm; mientras que el mayor peso fue de 126.5 g y el menor de 10.5 g, con un promedio de 48.80 g. La proporción de sexos (machos-hembras) fue de 1:1 y el máximo desove se dio en el mes de abril. Los niveles de metales trazas en tejido gonadal no sobrepasaron los límites máximos permisibles (Cu: 1.59 µg/g; Cd: 0.096 µg/g); sin embargo el Cd fue el metal mayormente bioacumulado, acentuado en el estadio de maduración gonadal desovado (37,3%). En sedimento la media de Cd (0.10 µg/g) no superó las concentraciones de Cd encontradas en sedimentos prístinos (1 µg/g), pero el promedio de Cu (74.54 µg/g), estuvo muy por encima de los límites para sedimentos prístinos (10 µg/g), posiblemente relacionado con prácticas agro-ganaderas e industriales propias del área y la geología de la zona. No se dio un patrón de distribución espacial de los metales en los sedimentos de acuerdo a las estaciones de muestreo. El sedimento se caracterizó por ser totalmente arenoso, sin diferencias entre estaciones, ni épocas del año. El Cu mostró mayor afinidad con la arena media (0.25 mm) y presentó diferencias significativas con respecto a los meses de colecta; mientras que el cadmio exhibió diferencias significativas entre las estaciones de muestreo, pero no tuvo relación con ninguna variable explorada. No se encontró relación de la concentración de metales entre las dos matrices *A. tuberculosa* y sedimento. Se recomienda monitorear el nivel de contaminación por metales trazas en otras áreas del golfo de Montijo, a través de la realización de nuevos estudios con la inclusión de otros metales tóxicos para los ecosistemas costeros.

ABSTRACT

felinodeamerica@hotmail.com

Determined the Morphometry, reproductive development and concentration of metals trace copper (Cu) and cadmium (Cd) in the gonadal tissue of *Anadara tuberculosa* and sediment in the Cate estuary, located in the Gulf of Montijo between 7 ° 44' 25 "N and 81 ° 13' 32" W. Six sampling stations were established for this purpose. In each of these sites for six months (February to July 2007) was measured with a multifunctional Oximeter, the parameters physicochemical; at the same time *Anadara tuberculosa*, by manual collection and sediment samples were taken with the use of nuclei PVC 2" in diameter. Laboratory evaluated the Morphometry of *A. tuberculosa* using a vernier and an analytical balance. The size distribution and modal shift to growth was estimated through the analysis of all sizes of monthly captured organisms frequency histograms; while the difference of the medium allowed to set the monthly growth. Through the use of a dissection game extracted a section of each gonad to prepare fixed plates according to the methodology of the Manual of histological techniques for bivalve molluscs (1983). Sex differentiation took place under the microscope. The maturity of the gonads on the basis of a scale of four reproductive stages according to the method of Charles Angell (1972) and Gomez & Villalaz (1988) classified. The processing of the samples for the reading of metals was made with the use of the methodologies of Dalziel & Baker (1983) *A. tuberculosa* and Carmody et al (1973) in sediment and then using a graphite furnace atomic absorption spectrophotometer were read to know the concentration of each metal. Particle characterization allowed relating the affinity of metals trace according to the size of the particle. Physicochemical parameters salinity only showed fluctuations, whose maximum increase in dry season coincided with the greatest reproductive peak and its descent in middle rainy season coincided with the highest levels of metals traces in gonadal tissue; while pH showed a relationship with Cu concentration in sediment. *A. tuberculosa* grew up around 4.77 mm per month; the maximum size recorded in was 72.25 mm and minimum of 28.05 mm with an average of 53.64 mm; while the heavier was 126.5 g and the lower 10.5 g, with an average of 48.80 g. (Male-female) sex ratio was 1:1 and maximum spawning occurred in the month of April. The levels of metals in gonadal tissue trace not exceeded the maximum permissible limits (Cu: 1.59 µg/g; Cd: 0.096 µg/g); However the Cd was the metal primarily bioaccumulated, pointed at the stage of gonadal maturation spawned (37.3%). In sediment the average Cd (0.10 µg/g) did not exceed the concentrations of Cd were found in pristine sediments (1 µg/g), but the average of Cu (74.54 µg/g), was well above the limits for pristine sediments (10 µg/g), possibly related to houses and industrial practices of the area and the geology of the area. Not a pattern of spatial distribution of metals occurred in sediments according to sampling stations. The sediment was characterized for being completely sandy, without differences between stations, or times of the year. Cu showed greater affinity with the medium sand (0.25 mm) and presented significant differences with respect to the months of collection; while cadmium exhibited significant differences between sampling stations, but had no relationship with any variables explored. Relation of the concentration of metals between the two matrices *a. tuberculosa* and sediment was found. It is recommended to monitor the level of contamination by metals traces in other areas the Gulf of Montijo, through new studies with the inclusion of other toxic metals for coastal ecosystems.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	7
III. OBJETIVOS.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
IV. MATERIALES Y METODOS.....	16
IV. 1. Área de estudio.....	16
IV. 2. Metodología.....	19
IV. 2.1. Estaciones de muestreo.....	20
IV. 2.2. Factores físico - químico.....	24
IV. 2.3. Características Morfométricas, Reproductivas y Metales en <i>Anadara tuberculosa</i>	24
IV. 2.4. Análisis del sedimento.....	30
IV. 2.5. Relación de la concentración de metales (cobre y cadmio) entre el Sedimento y <i>Anadara tuberculosa</i>	35
IV. 2.6. Preparación de los estándares.....	35
IV. 2.7. Procedimiento de digestión y lectura de muestras.....	36
V. ANÁLISIS ESTADISTICO.....	37
VI. RESULTADOS.....	38
VI. 1. Parámetros físico - químico.....	38
VI. 2. Características morfométricas, reproductiva y metales de <i>A. tuberculosa</i>	39
VI. 3. Reproducción.....	45
VI. 4. Histología.....	48
VI. 5. Desoves.....	52

VI. 6. Metales (cadmio y cobre) en gónadas de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	52
VI. 7. Análisis del Sedimento.....	59
VI. 8. Análisis de metales (cobre y cadmio) de sedimento en el Estero Caté.....	66
VI. 8.3. Metales (Cu y Cd) sedimento en el Estero Caté con respecto a las variables físico-químicas y la granulometría.....	68
VI. 9. Relación de la concentración de metales (cobre y cadmio) entre los Sedimentos y <i>Anadara tuberculosa</i>	69
VII. DISCUCIÓN.....	70
VII. 1. Parámetros físico - químico.....	70
VII. 2. Características morfométricas, reproductiva y metales en <i>A. tuberculosa</i>	73
VII. 3. Análisis del sedimento.....	88
VII. 4. Relación de las concentraciones de metales (cobre y cadmio) entre los Sedimentos y <i>Anadara tuberculosa</i>	97
VIII. CONCLUSIONES.....	98
IX. RECOMENDACIONES.....	100
X. BIBLIOGRAFÍA.....	101

LISTA DE FIGURAS

Relación de Figuras

Figura	Pág.
Fig. 1 Mapa del Golfo de Montijo.....	17
Fig. 2 Mapa de la localización de las estaciones en el área de estudio.....	19
Fig. 3 Estación de muestreo 1.....	22
Fig. 4 Estación de muestreo 2.....	22
Fig. 5 Estación de muestreo 3.....	22
Fig. 6 Estación de muestreo 4.....	22
Fig. 7 Estación de muestreo 5.....	22
Fig. 8 Estación de muestreo 6.....	22
Fig. 9 Laboratorios. A) Veraguas; B) Isla Naos.....	23
Fig. 10 Oxímetro multifuncional modelo YSI.....	23
Fig. 11 Biometría de <i>Anadara tuberculosa</i>	24
Fig. 12 Análisis histológico.....	27
Fig. 13 Diferencia sexual y madurez gonadal.....	28
Fig. 14 Concentración de cobre y cadmio en gónadas de <i>A. tuberculosa</i>	29
Fig. 15 Muestreo de sedimento.....	30
Fig. 16 Análisis granulométrico.....	31
Fig. 17 Concentración de cobre y cadmio en sedimento.....	33
Fig. 18 Distribución de los parámetros temperatura y salinidad, pH y oxígeno disuelto de acuerdo al mes en el área de estudio.....	38
Fig. 19 Distribución mensual en las tallas de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté, Golfo de Montijo. Febrero - julio 2007.....	41
Fig. 20 Variación mensual de la longitud de la concha.....	42
Fig. 21 Variación mensual del peso de la concha.....	42
Fig. 22 Relación ancho vs talla.....	43
Fig. 23 Relación altura vs talla.....	43
Fig. 24 Relación peso vs talla.....	43
Fig. 25 Gónadas de <i>Anadara tuberculosa</i> hembra.....	45

Fig. 26	Gónadas de <i>Anadara tuberculosa</i> macho.....	46
Fig. 27	Distribución mensual de la proporción sexual de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	46
Fig. 28	Proporción sexual de hembras y machos de <i>Anadara tuberculosa</i> de acuerdo a los rasgos de longitud en el Estero Caté.....	47
Fig. 29	Comportamiento del desarrollo gonadal de <i>Anadara tuberculosa</i> durante el periodo de estudio	48
Fig. 30	Etapa 1 (indiferenciado) de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	41
Fig. 31	Etapa 2 (desarrollo) de hembra de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	49
Fig. 32	Etapa 2 (desarrollo) de macho de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	49
Fig. 33	Etapa 3 (Desove) de hembra de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	50
Fig. 34	Etapa 3 (Desove) de macho de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	50
Fig. 35	Etapa 4 (Reabsorción) de hembras de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	51
Fig. 36	Etapa 4 (Reabsorción) de macho de <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté.....	51
Fig. 37	Variación mensual de la concentración de cadmio.....	52
Fig. 38	Variación mensual de la concentración de cobre.....	53
Fig. 39	Concentración de cobre y cadmio en gónadas de <i>A. tuberculosa</i> en las diferentes estaciones durante el periodo de estudio.....	54
Fig. 40	Concentración de Cobre y Cadmio en gónadas de <i>A. tuberculosa</i> en temporada seca y temporada intermedia lluviosa.....	55
Fig. 41	Índice Gonadosomático en hembras de <i>A. tuberculosa</i> con relación a la concentración de Cadmio en gónadas durante el periodo de estudio.....	57
Fig. 42	Variación mensual del Índice Gonadosomático en hembras y machos de <i>A. tuberculosa</i> durante el periodo de estudio.....	57
Fig. 43	Grafica de caja y bigote de las concentraciones de metales en organismos	

por sexo.....	58
Fig. 44 Granulometría predominante en el Estero Caté.....	59
Fig. 45 Sedimento en peso retenido por cada tamiz.....	59
Fig. 46 Porcentaje retenido acumulado por tamiz a 5 cm y 10 cm en todas las estaciones en el muestreo de febrero.....	60
Fig. 47 Porcentaje retenido acumulado por tamiz a 5 cm y 10 cm en todas las estaciones en el mes de julio.....	60
Fig. 48 Diagrama triangular de Sheppard modificado por Holme & McIntyre.....	62
Fig. 49 Diagrama bivariado de Friedman, el cual relaciona la asimetría y la selección.....	63
Fig. 50 Diagrama bivariado de Friedman, el cual relaciona la granulometría medida y la selección.....	63
Fig. 51 Grafica de peso retenido por malla acumulado o grafica de Visser.....	63
Fig. 52 Diagrama de Sahu.....	64
Fig. 53 Diagrama de Passega.....	65
Fig. 54 Diagrama de Martins el cual combina la asimetría y la selección del material para determinar el ambiente sedimentario.....	65
Fig. 55 Diagrama bivariado de Martins, el cual combina la selección y granulometría mediante el material para determinar el ambiente sedimentario.....	65
Fig. 56 Concentración de cadmio y cobre en sedimento de acuerdo a los meses de estudio y las estaciones de muestreo.....	67
Fig. 57 El Cluster para el cobre.....	68
Fig. 58 El Cluster para el cadmio.....	68
Fig. 59 Concentración de cobre y cadmio en sedimento, de acuerdo a la temporada seca y temporada intermedia lluviosa.....	69

LISTA DE CUADROS

Relación de Cuadros

Cuadros	Pág.
Cuadro 1 Clasificación de madurez gonadal.....	28
Cuadro 2 Estadística descriptiva (n=180) para <i>Anadara tuberculosa</i> en el Estero Caté Golfo de Montijo.....	39
Cuadro 3 Desplazamiento modal mensual.....	40
Cuadro 4 Correlación de Spearman para la talla en relación al cobre y cadmio.....	44
Cuadro 5 Correlación de Spearman para el peso en relación al cobre y cadmio.....	44
Cuadro 6 Representación de la prueba de Tukey para concentraciones de cobre....	53
Cuadro 7 Representación de la prueba de Tukey para concentraciones de cadmio en los organismos.....	57
Cuadro 8 Valor promedio de cadmio y cobre en <i>Anadara tuberculosa</i> y su relación con los límites internacionales.....	56
Cuadro 9 Correlación de t de Kendal de concentración de metales (cobre y cadmio y estadio gonadal).....	56
Cuadro 10 Porcentaje de acumulación de cadmio de acuerdo al estadio gonadal.....	56
Cuadro 11 Estadística grafica granulométrica de las seis estaciones de febrero.....	61
Cuadro 12 Estadística grafica granulométrica de las seis estaciones de julio.....	61

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor de las tres cuartas partes de la contaminación que acaba en los mares de todo el mundo proviene de actividades humanas en tierra; esto hace curioso que sean precisamente los ríos que hacen productiva las aguas litorales, los que con sus vertidos de sustancias de procesos antropogénicos, afecten los océanos por dichos contaminantes (UICN 1996). Como resultado de estas múltiples actividades del hombre y del acelerado crecimiento demográfico en un mundo cada día más industrializado, los océanos reciben en forma creciente enormes cantidades de desechos de la más diversa naturaleza, lo que ha llevado a una contaminación en aumento, especialmente en estuarios, bahías y áreas acuáticas costeras (Chiang 1989).

En este sentido las zonas costeras son ecosistemas delicadamente balanceados y están amenazados por la sobreexplotación, la construcción y desarrollo urbano, por la contaminación por hidrocarburos, actividades agrícolas, desechos industriales, municipales y otras descargas en la tierra y en el mar (Meyers 1984); a su vez Ruiz et al (2001) señalan que la disponibilidad de contaminantes en el medio marino, puede afectar la biota existente. Muchos ecosistemas críticos, como consecuencia de esto, algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interfase entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación (Escobar 2002).

Los ambientes estuarinos y costeros en particular, son afectados por un amplio rango de contaminantes, debido al incremento de la actividad antropogénica de una creciente población en la zona costera y a que en ellos desemboca la mayoría de los ríos, portadores generalmente de todo tipo de desechos, de origen tanto industrial, como doméstico y agroindustrial. Los sistemas

estuarinos y costeros reciben sustancias metálicas a través de tres vías que son la descarga de los ríos, la atmósfera y sobre todo por las actividades antropogénicas (Campos 1997).

La presencia de contaminantes químicos ha venido a ser una amenaza para muchos ecosistemas acuáticos naturales con efectos tóxicos en numerosos y distintos tipos de organismos, afectar los procesos biológicos y celulares de poblaciones, comunidades, ecosistemas y niveles de organización (Shubert 1984). A pesar de la preocupación que a nivel mundial ha provocado este grave problema y que son numerosas las proposiciones formuladas para controlar la contaminación marina, estas son difíciles de aplicar por la multiplicidad de sustancias que la provocan, su variable composición química y comportamiento, las innumerables fuentes y caminos por las que entran al medio marino, la índole y amplitud de sus efectos y la mayor o menor gravedad de la amenaza que plantean en el transcurso del tiempo; además una parte muy significativa puede llegar al mar, donde pueden sufrir un conjunto de complejas transformaciones y a través de la trama alimentaria alcanzar al hombre (Chiang 1989).

Los elementos metálicos están presentes de forma natural en el medio acuático, aunque sus concentraciones en ausencia de contaminación son muy bajas, se les encuentran en las aguas como coloides, partículas minerales (sólidos en suspensión) o fases disueltas (cationes o iones complejos). Las formas coloidales suelen dar lugar a la formación de hidróxidos, mientras que las partículas sólidas incluyen una gran variedad de minerales. Las fases disueltas pueden a su vez ser capturadas por absorción en arcillas o hidróxidos. Los compuestos orgánicos pueden constituir fases con gran capacidad de captura de cationes metálicos, que pueden dar lugar a fases extremadamente tóxicas (Krauskopf & Bird 1995).

Los metales de mayor importancia de estudiar por sus características ecotoxicológicas son los conocidos como metales trazas, cuya concentración corresponde al orden de 1×10^{-9} g/l (RainBow 1997). Entre ellos podemos encontrar Cu, Na, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Mo, Zn, Co, que son esenciales para el funcionamiento de procesos bioquímicos; otros como el Cd, Hg, Pb, Cr, As, Be, Sn no tienen función biológica (Viarengo 1985).

La toxicidad de los metales es compleja por el hecho de que varios de éstos pueden actuar en forma iónica o como complejos orgánicos, como es el caso del plomo y el mercurio. Los metales más peligrosos para los organismos son en orden decreciente de toxicidad Hg, Cd, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Al, y Co, sin embargo esta secuencia es tentativa y puede estar sujeta a cambios según las condiciones ambientales o por el hecho que varios de estos como el Cu, Co, Zn, son esenciales en concentraciones bajas para los procesos metabólicos de muchos organismos. El mercurio forma el compuesto orgánico metilmercurio, que actúa como neurotoxina que disminuye la capacidad tacto-sensitiva de las extremidades y alrededor de los labios, seguida de una pérdida de la capacidad concéntrica del campo visual (Campos 1997).

Lo que hace tóxico a los metales no son, en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Cabe recordar que los seres vivos necesitan en bajas concentraciones a muchos de estos elementos para funcionar adecuadamente (Krauskopf & Bird 1995). Sin embargo, los organismos pueden verse severamente afectados por el aumento de las concentraciones de estos elementos; pueda que determinados valores no induzcan su muerte, pero desarrollarán una serie de problemas fisiológicos y metabólicos con las llamadas

concentraciones subletales, por ejemplo: cambios en la bioquímica del organismo, en la actividad enzimática y efectos en la reproducción (Scheiner et al 1989; Krauskopf & Brid 1995).

La concentración, el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente son importantes para la captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos. Para considerar las relaciones de los metales con la biota acuática se deben tener en cuenta tres niveles de interés como la especiación en el ambiente, las interacciones con la membrana plasmática en la interfase organismo-ambiente, así como otros factores secundarios que pueden afectar los mecanismos funcionales básicos del individuo y la partición del elemento en los compartimentos del organismo con los efectos biológicos resultantes de su interacción con los receptores en los sitios de acción (Castañe et al 2002).

La contaminación por metales trazas en el presente representa uno de los mayores factores de riesgo para los organismos marino costeros, sobre todo los que se encuentran expuestos a las descargas de efluentes urbanos e industriales en bahías y estuarios, porque al participar muchos de estos metales en los ciclos biológicos de estos organismos afectan directamente su fisiología, abundancia y distribución (Ravera & Riccardi 1997).

Los organismos marinos como los moluscos que usan branquias como principal ruta de nutrientes acumulan altos niveles de contaminante; la contaminación está asociada con el material particulado suspendido en la columna de agua, y el plancton ingerido durante el proceso de filtración. Estos especímenes han sido ampliamente usados como indicadores de contaminación de sistemas costeros, ya que por su carácter de organismos sésiles están

permanentemente expuestos a los efectos de estas sustancias, por lo que son utilizados como bioindicadores (Durán et al 2004)

El uso de organismos apela a la concentración de los metales en los tejidos, ya que este debe representar el valor de los metales disponibles biológicamente, relacionada su acumulación con su proceso de interacción entre parámetros biológicos y físico-químicos, tales como la salinidad (Ritz et al 1982).

En la presente investigación se ha utilizado el molusco bivalvo *Anadara tuberculosa*, conocida como concha negra o prieta, como monitora para evaluar los cambios en las concentraciones de los metales en el sedimento en el estero Caté, Golfo de Montijo. Dado que esta especie de molusco habita en rodales con sustratos no consolidados fangosos, limo arcillosos o arcillosos, confinada a las raíces de *Rhizophora mangle* y *pelliciera rhizophorae*, que reciben inundación mareal diaria y se alimenta mediante filtración de materia orgánica; Además ésta especie se distribuye desde el golfo de California hasta Tumbes, Perú (Keen 1971; Squires et al 1975; Campos et al 1990).

La madurez sexual se alcanza en individuos aproximadamente entre 23.2 y 26.2 mm de longitud total (Campos et al 1990). Este molusco posee sexos separados con fecundidad y desarrollo externos. Las gónadas están incluidas en la parte supero-lateral de las vísceras rodeando virtualmente al intestino y al estómago; están limitadas dorso-ventralmente por los riñones y el hepatopáncreas. En los individuos maduros el tejido gonadal cubre la parte interna distal del pie y rodea la parte dorsal del cuerpo; la expulsión de los gametos, posiblemente ocurre

por contracción de la musculatura gonadal (Cruz 1984). No existe evidencia de hermafroditismo (Cruz y Jiménez 1994).

La concha de *A. tuberculosa* es equivalva, de contorno oblicuo moderadamente alargado. El borde dorsal es un tanto angulado en ambos extremos. El área cardinal es delgada y alargada. Posee unas 35, pudiendo ser 33 a 37 costillas radiales redondeadas y relativamente juntas, generalmente con nódulos y tubérculos dispersos, especialmente hacia el margen antero-ventral de la valva. No tiene abertura bisal. La cavidad umbonal a menudo tiene un tinte púrpura claro (FAO 1995).

Esta especie comparte su hábitat con otros bivalvos de importancia comercial tales como: *Polymesoda inflata*, *Mytella guyanensis*, *Geloina inflata*, *Modiolus sp.*, *Protothaca asperrima*, *P. grata*, *Anadara multicostata* y *A. similis* (Squires et al 1975, Cruz 1984b, Sibaja 1986). Es una especie típicamente dioica (presenta sexos separados), con una proporción de sexos de 1:1 (Cruz 1984a, Vega 1994, Rodríguez & González 1995, Quijano & Vega 2000).

Los diversos estudios sobre *Anadara tuberculosa* incluyen, aspectos biométricos reproductivos, rendimiento en carne, condición, biología general y ecología, edad y tasa de crecimiento, densidad y estructura de población y contaminación (Squires et al 1975, Cruz 1982, Cruz y Palacios 1983, Villalobos & Báez 1983, Cruz 1984a, Cruz 1984b, Broom 1985, Cruz 1986, Palacios et al 1986, Cruz 1987^a, Cruz 1987^b, Fournier & De la Cruz 1987, Ampie & Cruz 1989, Cruz & Jiménez 1994, Campos et al 1990, Vega 1994, Rodríguez & González 1995, Quijano & Vega 2000, Durán et al 2004; Jordán & Gómez 2006).

II. ANTECEDENTES

Salamanca et al (2004), resaltan que en los últimos tiempos se ha despertado mucho interés por el estudio de contaminación ocasionado por metales trazas en organismos, sedimentos y agua. A este respecto tenemos investigaciones realizadas por Ahumada (1992), sobre los patrones de Distribución Espacial de Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, en sedimentos superficiales de Bahía San Vicente, Chile; separó los metales en dos grupos: I= cationes que poseen afinidad con la materia orgánica y que presentaron una distribución acorde con el contenido de materia orgánica de los sedimentos en la siguiente secuencia: Pb, Zn, Cd y Cu, y II= Metales que presentaron un patrón de distribución que se caracterizó porque las menores concentraciones se presentaron en las áreas de mayor contenido de materia orgánica, los cuales correspondieron al Cr y el Ni.

Márquez et al (2000), determinaron las concentraciones y comportamiento de metales pesados en una zona estuarina de Venezuela y concluyeron que la concentración de todos los metales (Fe, Mn, Zn, Cr, Cd, Pb, Cu, Ni), estuvieron muy por encima de los valores reglamentados por la Legislación Venezolana para las aguas de consumo e incluso para las aguas de los cuerpos litorales, lo que representa un riesgo para la biota acuática y de la población asentada en las márgenes del Río; Martínez & Senior (2001), realizaron una especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del Río Manzanares, Venezuela donde encontraron que los flujos de metales pesados desde el Río manzanares hacia la región costera bajo su influencia se incrementan durante el periodo de lluvia, lo que indica que dichos elementos están principalmente asociados al material en suspensión y en consecuencia

con el gasto del río; Janiot et al (2002) estudiaron metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes en el Río De La Plata y su frente marítimo, dicho estudio también incluyó un análisis de sedimento, quienes argumentaron que el perfil vertical de metales excepto el cromo, muestra una distribución estratificada con valores más altos en la parte superior, debido a una acumulación progresiva y reciente de partículas suspendidas con mayor contenido de metales transportados desde la zona interior donde se produciría un proceso de arrastre de sedimentos de la franja costera con sus altos contenidos de metales pesados. Ferrer et al (2003), determinaron la Concentración cobre y zinc en el Estuario de Bahía Blanca (Argentina), donde el Zn resultó más tóxico para el cangrejo que el Cu, aunque la concentración de cobre fue mayor que la del Zn tanto en la superficie del sedimento, como en la concentración suspendida de materia particulada. Castañé et al (2003), trabajaron en la Influencia de la Especiación de los Metales Pesados en Medio Acuático como Determinante de su Toxicidad, cuyos resultados demuestran que la concentración total de Cd no es un buen predictor de su toxicidad en algas y que su especiación puede afectar la disponibilidad del mismo para los organismos en medio acuático y consecuentemente, delimitar la magnitud real de su toxicidad.

En cuanto a estudios realizados en Organismos tenemos que Ahumada (1994) determinó el nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile; donde los análisis de tejidos revelaron que el Zn fue el metal de mayor concentración seguido del $Cu > Ni > Cd > Pb > Pb > Hg > Cr$; sin embargo al calcular el factor de bioacumulación fue mayor para el cadmio, en dos o tres órdenes de magnitud, seguido del Zn, Ni, y Pb. Andrade et al (1997) estudiaron los metales pesados en el poliqueto tubícola *Americanuphis magna*; Scelzo (1997) trabajó en la

Toxicidad del Cobre en Nauplii del Camarón Comercial *Artemesia longinaris*; cuyos resultados demostraron que a concentraciones equivalentes a 1000 ppb, se produce mortalidad de todos los individuos a ensayo durante las primeras veinticuatro horas. El valor LC 50-24 hrs fue de 660 ppb, LC 50-48 hrs fue de 378.5 ppb, LC 50-72 hrs fue de 212,3 ppb; Gómez et al (1998), determinó el efecto del cobre sobre la condición fisiológica de *Lima scabra* medida por la razón ADN/ARN, la cual no presentó diferencias significativas, entre el grupo control y experimental; sin embargo los niveles de ADN decrecieron en el grupo experimental; posteriormente O'Leary & Breen (1998), estudiaron la variación estacional de metales pesados en *Mytilus edulis*, y *Fucus vesiculosus* en el Estuario Shannon, donde al comparar los niveles de metales pesados entre *Fucus vesiculosus*, *Mytilus edulis* y el sedimento, mostró que los incrementos de los niveles de metales en sedimento generalmente no condujo a un incremento similar en *M. edulis*. Fuentes & Gómez (2000), en la especie *Ascidia nigra* en Venezuela determinaron las concentraciones de metales trazas, donde distinguen al Zn y Cd como los metales respectivamente más o menos abundantes. Durán & Gómez (2001) realizaron estudios por contaminación en época lluviosa y seca en metales trazas (Cu, Cd, y Zn) en Punta Chame, en el bivalvo *Anadara tuberculosa* donde el hierro (Fe) fue más abundante (207.49 µg/g); seguido del Zn (15.93) µg/g, el Cu (0.99 µg/g) en los meses de noviembre-diciembre, y concentraciones mínimas en los meses de marzo. Hossain & Khan (2001), investigaron la Concentración de metales en camarones peneidos de Bahía de Bengala, quienes encontraron que la concentración de metales en el tejido muscular en el abdomen fueron más bajos que los del cefalotórax, aunque dichos niveles no representaron un riesgo para la salud de los consumidores; Duran et al (2004), determinaron las concentraciones de Cd, Pb, y Cu en *A. tuberculosa* en el Manglar de Isla Taborcillo, Punta Chame, se encontró que el metal más abundante en sus tejidos fue el plomo (Pb), mientras que el más escaso el Cu;

Salamanca et al (2004) estudiaron los niveles de Cu, Pb y Zn en *Perumytilus purpuratus* y agua en Bahía San Jorge, Norte de Chile, los resultados obtenidos permitieron sugerir que *P. purpuratus* puede ser utilizado como indicador de procesos de contaminación, ya que su contenido de metales respondió tanto a los aportes naturales como antropogénicos; Acosta y Lodeiros (2004), hicieron estudios de metales pesados en la almeja *Tivela mactroides*, en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela y concluyeron que *T. mactroides* presentó una acumulación de metales relacionada con la perturbación ambiental de las localidades evaluadas, lo cual sugiere la utilización de esta especie como indicador de metales pesados del litoral donde habitan. Castillo et al (2005), identificaron los niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón, *Perna perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado de Sucre, Venezuela, donde los metales Cr y Ni presentaron valores de concentración elevados, por encima de los niveles estándares establecidos.

Entre otras investigaciones tenemos que Luque et al (1998), realizaron estudios sobre distribución de metales pesados en sedimentos de las Marismas del Odiel, España donde e obtuvieron concentraciones máximas de Fe (19000 μ g/g); mínimas de Cu, Pb, Mn y nulas en Co y Ni (Luque et al 1998); Fermín & Bonilla (1998) aplicaron un análisis multivariante a los datos de Contenido de metales pesados en sedimentos de la Bahía de Bergantín, Estado de Anzoátegui, Venezuela, quienes encontraron una alta correlación estadísticamente significativa entre Cu y Cr ($r= 0.90$), con similar característica entre el Cu y el Zn ($r= 0.84$) y entre Zn y Cr ($r= 0.77$), lo que indicación de contaminación industrial y urbana. Se pudo inferir que la distribución del Pb sigue un patrón totalmente opuesto a las de Cu y Cr con una correlación alta ($r= 0.56$ y $r= -0.61$).

Fuentes (1999) determinó los niveles de metales trazas en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela, donde los metales mostraron concentraciones medias de la siguiente manera: $Cd < Cu < Ni < Pb < Zn < Cr < Mn < Fe$. El Fe, Mn, Cu, Ni y Cr covariaron significativamente, indicando su comportamiento químico similar, adsorción sobre la superficies sólidas como los óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, limo y arena muy fina. El Pb y el Cd presentaron un comportamiento diferente sin afinidad por este tipo de sedimentos, materia orgánica ni demás metales; posteriormente Stringer et al (2000), identificaron metales pesados y contaminantes orgánicos en sedimentos y efluentes del polo petroquímico de Bahía Blanca, Argentina, quienes detectaron nueve metales distintos en los sedimentos del canal de efluentes, aunque no todos fueron detectables en la muestra de líquidos, las concentraciones más altas se observaron para el Hg, Zn, Cr y Cu. En cada caso las concentraciones fueron más elevadas en la muestra de sedimento río abajo; Kuncheva et al (2001), investigaron en un modelo sobre la carga de metales pesados en ambientes marinos de las Bahías de Liverpool y Morecambe, con la ventaja que al usar este modelo los resultados son directamente interpretables en el dominio del contexto.; Binning & Baird (2001), trabajaron en un reconocimiento de metales en los sedimentos del estuario del Río Swartkops, Puerto Elizabeth Sudáfrica, donde encontraron elevados niveles de metales en el sedimento, lo que es un buen indicativo de contaminación antropogénica. Las concentraciones de cromo, plomo, zinc, titanio, manganeso, estroncio, estroncio, cobre y estaño fueron medidos en los sedimentos a lo largo del estuario del río y los resultados indicaron una más alta concentración de metales a ambos lados del estuario del río. Al comparar los resultados del estuario con los obtenidos en un examen similar hace veinte años atrás revela algunos incrementos notables. Fuentes (2001), realizó un análisis comparativo de metales trazas (Cd, Cu, Cr, Zn, Ni y Pb) en los sedimentos de dos lagunas costeras del Estado

Sucre, Venezuela, los resultados indicaron alteración del ecosistema por Cd, Cu, Zn, y Pb en la Laguna de los Patos emplazada en el casco urbano; sin embargo solo por Pb en la Laguna de Chacopata localizada en un área rural; Luego Acosta et al (2002), determinaron los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela, en general el contenido de metales trazas esenciales y potencialmente tóxicos presentes en los sedimentos superficiales de las tres localidades estuvo determinado por diversas fuentes naturales y antrópicas . Las altas concentraciones de Fe, Zn, Cu, Cd, Cr, Pb y Ni, estuvieron posiblemente relacionadas con los sólidos suspendidos transportados por el río hacia esta zona costera; Martínez & Senior (2002), realizaron una especiación de Cd, Zn, Cr y Pb en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui Venezuela, donde la escala de contaminación fue $Pb > Cd > Zn > Cr$. Riba et al (2003), estudiaron la Biodisponibilidad of metales pesados sedimentos y su relación con los valores pH y salinidad, quienes demostraron que los niveles de toxicidad de los metales aumentan cuando los valores de pH y salinidad disminuyen; Crapez et al (2003) determinaron la actividad enzimática bacteriana y la biodisponibilidad metales en los sedimentos de la Bahía Boa Viagem, donde concluyeron que que la concentración de metales pesados, especialmente Cu, Zn, Ni y Cr indican ausencia de inhibición de actividad deshidrogenasa; García - Céspedes et al (2004), en su estudio sobre metales traza en sedimentos costeros de Costa Rica encontraron mayores concentraciones de Fe y menores de Pb; Carro et al (2005), encontraron niveles mayores metales pesados como el Zn, Mg,Cu y Pb en el sedimento provenientes de descargas antropogénicas e industrias petroleras, mediante el Fraccionamiento de Fe y metales pesados en la materia en suspensión de Ría de Huelva (SO España). Gómez et al (2006), hicieron una caracterización geoquímica de los sedimentos superficiales de la Bahía de Panamá.

Cedeño & Dutari (2006), determinaron que la calidad Biológica del agua del Río Caté fue de categoría dudosa, las cuales son aguas moderadamente contaminadas, esto según el índice BMWP (Trabajo de Monitoreo Biológico por Parte), modificado para la provincia de Veraguas por Lombardo (2004) cuyo valor fue de 40.95. Estos resultados se dieron posiblemente a que el río se encuentra entre grandes hectáreas de cultivo de café y que a sus alrededores se practica tanto la ganadería como la agricultura con una fumigación terrestre y aérea. Según dichos autores estos cafetales son regados continuamente con químicos, insecticidas y que también se le agrega fertilizantes, que luego posiblemente por efecto de lluvia y escorrentías llegan hasta el cauce del río donde ocasionan daños al ecosistema acuático.

Alba – Tercedor (1996), señala que la actividad humana juega un papel importante en la calidad biológica de los ríos y que la categoría “dudosa” es poco propicia para el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados, se le puede atribuir esta consecuencia algunos perjuicios ambientales de origen natural por ejemplo, el caudal del río que puede influir en las condiciones, tipos o la diversidad de hábitat, también se puede dar por la acción de factor de origen antropogénicos o a la presencia de agroindustria en el lugar.

Según Vega (2004), los estudios de contaminación del golfo de Montijo son incipientes. Se sospecha que las principales fuentes de contaminación en el área provienen de la actividad agrícola, del cultivo de camarones, la industria y las aguas servidas. Por esta premisa se hace importante realizar una evaluación de la presencia de contaminantes en el Golfo, pues la pérdida de calidad biológica en sus aguas tiene un efecto directo sobre la zona (pesquerías, turismo) y puede llegar a afectar áreas vecinas, como el Parque Nacional Coiba. Es indispensable conocer el

nivel de concentración y distribución de los elementos metálicos, para tener una visión más clara del origen de la contaminación, poder concluir sobre los efectos antropogénicos a largo plazo, las posibles consecuencias sobre los organismos y la salud humana, quienes lo incorporan a su dieta y darles un manejo adecuado a estas sustancias (Fuentes 1999).

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar las características Morfométricas, Reproductivas y Concentración de Metales Trazas (cobre y cadmio) en el tejido gonadal de *Anadara tuberculosa* y Sedimentos, en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

Objetivos Específicos:

- i. Establecer las relaciones morfométricas de *Anadara tuberculosa* y su condición reproductora mediante cortes histológicos.
- ii. Evaluar los parámetros físico-químicos y su posible relación con los picos reproductivos y los niveles de metales trazas en el tejido gonadal de *Anadara tuberculosa* y los sedimentos.
- iii. Medir la concentración de metales en el tejido gonadal de *Anadara tuberculosa*.
- iv. Cuantificar la concentración de metales en el sedimento y su distribución.
- v. Comprobar la posible relación de la concentración de metales entre los dos compartimentos: *Anadara tuberculosa* y sedimentos.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio:

El Golfo de Montijo está localizado en el Océano Pacífico, al sur de la provincia de Veraguas (Fig. 1). Está comprendido entre las Puntas Brava y Arenas ($7^{\circ} 35' 45''$ a $7^{\circ} 50' 45''$ N y de $80^{\circ} 58' 45''$ a $81^{\circ} 13' 30''$ W) (Fig 1). Su perímetro costero (considerado desde la Punta Brava hasta la Punta Arenas) es de 116 Km, aproximadamente. Marcan la entrada al Golfo amplios canales: Al Oeste se abre el canal situado entre Punta Brava y la Isla Gobernadora. En la sección central el canal formado entre la Punta Brava y Punta Hato Viejo (Universidad de Panamá 1974).

El Golfo de Montijo es una de las principales zonas de pesca del Pacífico panameño, en la cual se desarrolla una pesquería multiespecíficas que abarca pesca de especies de escamas, la pesca del camarón, langosta y la extracción de moluscos. Parte del golfo de Montijo está incluido dentro del Sitio Ramsar y parte dentro del área de amortiguamiento del Parque Nacional de Coiba (Vega 2004).

En el interior del Golfo se localiza Isla Leones (habitada) y otras islas menores. También desemboca el Río San Pedro (entran embarcaciones hasta Puerto Mutis), frente a la Isla Papagayo, desemboca el Río San Pablo y otros ríos como: Lagartero, Tigres, Caté, Cañazas, San Antonio, Río de Jesús, Martín Grande, Sábalo, Piña, Ponuga, Pocrí, Suay, Tebario, Ángulo, Negro, Palo Seco, Torio, Quebró, y Arenas. La profundidad máxima de este Golfo es de 16 metros, aproximadamente. La anchura a su entrada, desde Punta Brava hasta Punta Arenas es de 27 Km. El Golfo está sujeto a cambios estacionales determinadas por variaciones en la precipi-



Figura. 1 Mapa del Golfo de Montijo. La cruz roja indica la localización del Estero Caté

tación que corresponden a la llamada época seca y la época lluviosa (Universidad de Panamá 1974).

Este Golfo presenta un sistema cuyas características están en función de los aportes de agua dulce que provienen de los ríos que lo bordean y del movimiento de las mareas, estos acarrean gran cantidad de materia orgánica; a su vez los aportes de agua dulce determinan la variación en el contenido de sales entre las épocas secas y lluviosas (Vega 2004).

EL proceso de deforestación que ha tenido lugar aguas arribas de los ríos de la Provincia de Veraguas, por el aprovechamiento ganadero, el avance de potreros y arrozales en las áreas de Post manglar o bosques de ciénaga, han sido el impacto más importante en los últimos 50 años porque se han destruido muchos ecosistemas de manglar. Hoy día los cativales y alcornocales que constituían los bosques de ciénaga son testimoniales y sólo quedan áreas importantes en el río San Pablo y muy localizados en el resto del golfo (Cámara et al 2004).

El Estero Caté lugar en particular donde se realizó la investigación está ubicado en el Golfo de Montijo entre los 7° 44' 25" N y 81° 13' 32" O, y se forma por la desembocadura del Río Caté, que vierte sus aguas en dicho golfo (Universidad de Panamá 1974) (Fig 2).

IV.2 Metodología

Se establecieron seis estaciones; cuatro ubicadas a lo largo del estero; y dos hacia los puntos externos de la desembocadura, con el fin de determinar el gradiente de distribución de los metales trazas en el área (Fig. 2)



Figura.2 Mapa de localización de las estaciones en el área de estudio

IV.2.1. Estaciones de Muestreo

IV.2.1.1. Estación 1

Esta estación se encuentra localizada al lado de un pequeño estero el cual permanece con agua en marea baja. El sedimento es bastante fangoso rodeado de mangle rojo a ambos lados, frente a la misma se encuentra el puerto de Caté y un banco de arena que se presenta en marea baja de aproximadamente 30 metros que divide al río en dos canales, la cual a pesar de estar bastante alejada de la desembocadura del río recibe una gran influencia de agua salada durante la marea alta (Fig. 3).

IV.2.1.2. Estación 2

Esta estación se encuentra localizada en una zona litoral del lado izquierdo del estero del Río Caté, toda su vegetación está representada por mangle rojo (*Rhizophora mangle*), sedimento fangoso cubierto por una capa de nutrientes. Hay que señalar que todas estaciones presentan cambios de salinidad producto del flujo y reflujo de marea, frente a esta estación se presenta un banco de arena de aproximadamente 50 metros de ancho el cual divide al río en dos canales (Fig. 4)

IV.2.1.3. Estación 3

Esta estación se encuentra una vegetación bastante desarrollada de mangle rojo y un sedimento bastante fangoso producto del movimiento de agua que se ocurre en el área debido al movimiento de flujo y reflujo de la marea con dos pequeños esteros (Fig. 5).

IV.2.1.4. Estación 4

Presenta el mismo tipo de vegetación de *Rizophora mangle* y sedimento areno fangoso que la estación 5, con un pequeño estero que queda con un pequeño canal de agua al bajar la

marea localizado del lado izquierdo del río tomando como referencia la desembocadura del estero (Fig. 6).

IV.2.1.5. Estación 5

Esta estación se ubica casi al frente de la estación 6 muy cerca de la desembocadura del río, con un estero pequeño el cual al bajar la marea queda sin agua, a diferencia de la estación 6 ésta presenta una vegetación de mangle bastante desarrollado de *Rhizophora mangle* con altura que sobrepasan los 10 metros. El sedimento se caracteriza por ser bastante fangoso (Fig. 7).

IV.2.1.6. Estación 6

Forma parte de una zona litoral, la más cercana a la desembocadura del Río Caté, la cual se caracteriza por una vegetación de manglar poco desarrollado con una altura aproximada de 4 a 5 metros de la especie *Rhizophora mangle* el cual está desapareciendo aun por causas desconocidas. El sedimento en el área se caracteriza por ser de tipo areno-fangoso el cual le da cierta contextura al mismo; a pesar de ello es en esta estación donde se encontraron la mayor cantidad de *Anadara tuberculosa* (Fig. 8).

Las muestras colectadas se trasladaron en bolsas plásticas debidamente rotuladas y refrigeradas hasta los laboratorios de Investigaciones conjuntas de la Universidad de Panamá y el Smithsonian, ubicados en el centro Regional de Veraguas y la Isla de Naos respectivamente, para iniciar su estudio (Fig. 9).



Figura. 3. Estación de muestreo uno



Figura. 4. Estación de muestreo dos



Figura. 5. Estación de muestreo tres



Figura. 6. Estación de muestreo cuatro



Figura. 7. Estación de muestreo cinco



Figura. 8. Estación de muestreo Seis



Figura. 9. Laboratorios, A) Veraguas; B) Isla Naos.

IV.2.2. Factores Físico-Químicos

Se hicieron registros de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH del agua, en cada estación con ayuda de un el Oxímetro Multifunción Modelo 86 (Fig. 10).



Figura. 10. Oxímetro Multifunción Modelo 86.

IV.2.3. Características Morfométricas, Reproductivas y Metales en *Anadara tuberculosa*

IV.2.3.1. Biometría:

Cada mes se colectaron manualmente 30 ejemplares de *Anadara tuberculosa* (Fig. 11) y luego en el laboratorio se utilizó un Vernier Modelo Spi 2000 para medir los organismos en tres dimensiones: largo (del umbo al exterior), ancho (de la boca al ano) y alto (de valva a valva). Luego se pesó el organismo completo, la valva y parte blanda del organismo completo con una balanza analítica y se rotularon para ser trabajados (Fig. 11).



Figura. 11. (A) Colecta Manual de *A. tuberculosa*; (B) Biometría de *A. tuberculosa*.

IV.2.3.1.1. Crecimiento y Distribución de tallas

El crecimiento se determinó a través del método de desplazamiento modal de los histogramas de la frecuencia de talla y la distribución de tallas se estimó mediante la utilización de todas las tallas de los organismos capturados mensualmente y el análisis de histogramas de frecuencia para las diferentes tallas.

IV.2.3.1.2. Variación Mensual de la Longitud y Peso

Se determinó el valor promedio mensual y la desviación estándar de la talla de los organismos capturados, y mediante una gráfica se observó la variación a través el período de

muestreo. Igual metodología se utilizó para determinar la variación del peso a través del período de muestreo.

IV.2.3.1.3. Relación ancho, altura y peso con la Talla.

Se relacionó el ancho y la talla de los organismos colectados a través de una ecuación de regresión, y posteriormente se graficaron los resultados. De la misma manera se relacionó

Altura – Talla y Peso - Talla

IV.2.3.1.4. Tallas en relación a la concentración de cobre y cadmio.

Se aplicó una correlación de Spearman para determinar la relación entre las tallas con respecto a la concentración de metales cobre y cadmio.

IV.2.3.1.5. Peso con relación a la concentración de Cobre y cadmio.

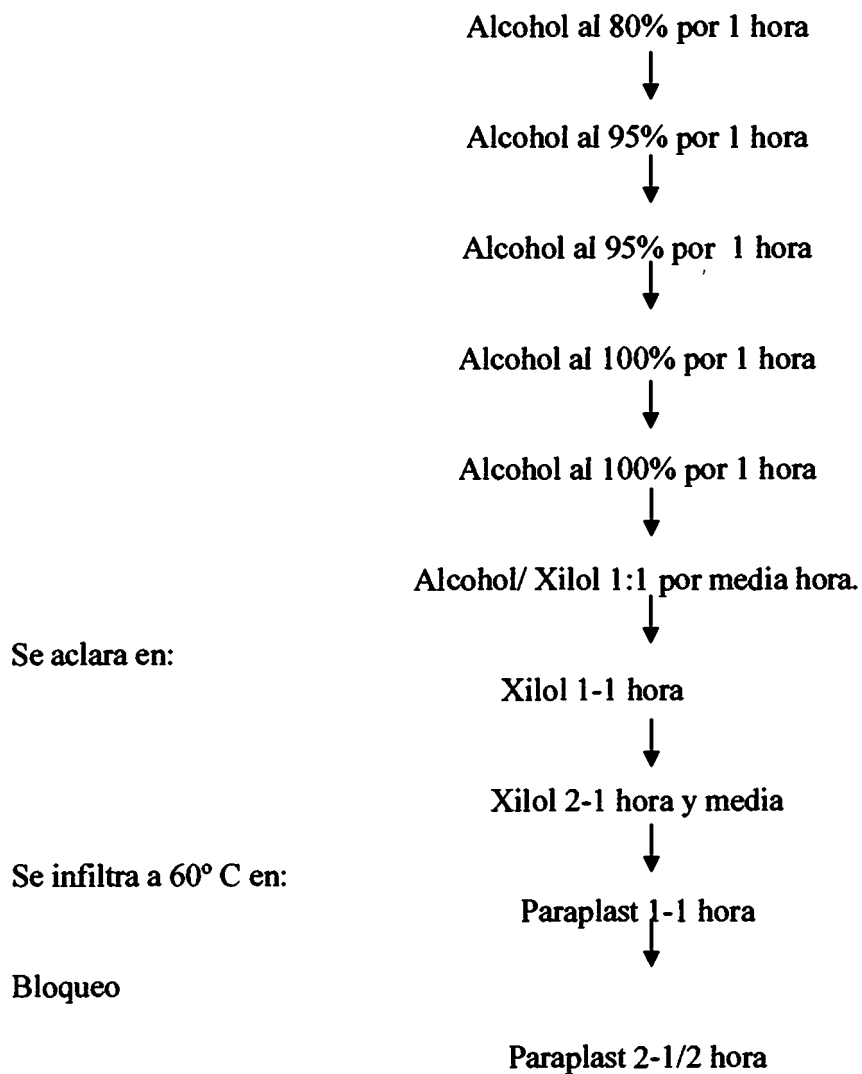
Se determinó la relación del peso de los organismos colectados y la concentración de metales a través de un Análisis de Correlación de Spearman.

IV.2.3.2. Histología

Se tomaron al azar organismos de cada estación haciendo un total de 12 organismos por mes. El análisis histológico se determinó mediante la metodología señalada en el Manual de Técnicas Histológicas para Moluscos Bivalvos (1983) (Fig. 12), mediante los siguientes pasos:

Se hicieron cortes transversales a nivel de la gónada y se fijaron en solución Davison por 72 horas Las muestras fijadas se lavaron en agua corriente por 5 horas.

Se colocaron en alcohol al 50% por 2 horas y se preservaron en alcohol al 70%. Luego Se sometieron a un proceso de deshidratación siguiendo la rutina abajo señalada:



Se cortaron las muestras de 54 micras de espesor en un micrótopo. Las muestras fueron teñidas en una batería de Hematoxilina-Eosina



Figura. 12. Análisis Histológico, (A)- B)- (C) Disección de *A. tuberculosa*, (D) Pesado, (E) Estructura Interna de *A. tuberculosa*, (F) Gónadas en solución Davison.

IV.2.3.3. Diferenciación Sexual y Madurez Gonadal

La distinción del sexo en *A. tuberculosa* se realizó al ser observadas bajo el microscopio y se clasificó la madurez de las gónadas con base en una escala de 4 etapas reproductivas según Charles (1972) y Gómez & Villalaz (1988). (cuadro1) (Fig. 13).

Cuadro.1. Clasificación de la madurez gonadal en *Anadara tuberculosa*.

Etapas= 1: Indiferenciado; 2: Desarrollo; 3: Desove; 4: Reabsorción.

Etapas	Macho	Hembra
1	Gónada esta rellena de tejido conectivo	Gónada esta rellena de tejido conectivo, entrando desde la membrana genital
2	Folículos pequeños no formados totalmente, con muchos espermatogonias primarias y secundarias	Folículos de tamaño moderado, totalmente formados. Algunos oocitos pedunculados. Oogonias y Oocitos presentes.
3	Folículos de tamaño moderado, tejido intersticial casi ausente, existen grandes masas de espermatozoides.	Vesícula germinal desaparece y los oocitos estan libres dentro de la gónada, Oogonias ausente, folículos grandes, con sus paredes delgadas. Poco tejido intersticial.
4	Hay una total reabsorción de la gónada	Hay una total reabsorción de la gónada



Figura. 13. Diferenciación Sexual y Madurez Gonadal: (A)- (B) Identificación del Sexo y Estadio de Madurez Gonadal.

IV.2.3.4. Picos reproductivos con relación a Parámetro físico químico

Se hizo una comparación entre los picos reproductivos y los parámetros físico-químicos con el fin de determinar la concordancia o no entre estas variables.

IV.2.3.5. Metales (cobre y cadmio) en gónadas de *A. tuberculosa*

Los niveles de metales trazas en *Anadara tuberculosa* se determinó a través de la metodología de Dalziel & Baker (1983). Los individuos colectados en el área de estudio, durante

los meses de muestreo se trasladaron al laboratorio en bolsas plásticas con hielo, posteriormente se le extrajo por disección, las gónadas. Seguidamente se deshidrataron a 60 °C por 48 horas y Luego los tejidos fueron pesados (1g) y homogenizados. Se pulverizó y pesó un gramo de cada tejido; se procedió a digerir en una mezcla de ácido nítrico (10 ml HNO_3 50 %) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2 30%) por una hora a 1 °C. Las cenizas se disuelven con ácido nítrico y se filtran con papel Whatman N°42. El volumen obtenido fue aforado con agua desionizada en balones volumétricos de 25 ml. El contenido de metales pesados en las gónadas se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, con horno de grafito (Fig. 14).



Figura.14. Concentración de Cu y Cd en Gónadas de *A. tuberculosa*, (A) Secado de las muestras, (B) Macerado de muestras, (C) Pesado, (D) Refrigeración, (E) Digestión ácida de las muestras, (F) Lectura de las muestras.

IV.2.3.5.1. Relación entre el estadio gonadal y la concentración de cobre y cadmio.

Se aplicó un Tau de Kendall para determinar diferencias entre el estadio gonadal y la concentración de cobre y cadmio.

IV.2.3.5.2. Índice gonosomático en la relación con la concentración de metales.

Se realizó una correlación de Spearman para determinar esta relación.

IV.2.3.5.3. Acumulación de metales cobre y cadmio de acuerdo al sexo

Se realizó una prueba de correlación de Spearman para determinar la relación entre la concentración de Cobre y Cadmio entre hembras y machos.

IV.2.4. Análisis de sedimento

Para el muestreo de sedimento se utilizaron nucleadores de PVC de 2" de diámetro a una profundidad de 5 y 10 cm; se ubicó una cuadrata de 50cm x 50cm dividido en 25 subcuadrantes y se tomaron al azar muestras de sedimentos por triplicado por cada estación (Fig. 15). Las muestras obtenidas de media libra aproximadamente, se etiquetaron, se cubrieron con papel aluminio y se colocaron en un recipiente con hielo para evitar la luz y el calor. Una vez en el laboratorio las muestras fueron procesadas.



Figura. 15. Muestreo de sedimento.

IV.2.4.1. Granulometría

El material fue seleccionado a través de la técnica de tamizado en seco (100 g de muestra), mediante el uso de las mallas USSM No. 10, 18, 35, 60, 120, 230 y fondo en un equipo Ro-Tap con columna Tyler (Krumbein 1936a, 1964b, Wenworth 1936), lo que representa diámetros correspondientes a grava, arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina, arena muy fina y limo + arcilla (Suguio 1973). Las fracciones obtenidas se pesaron y se expresaron como porcentaje de la muestra original. Dicho procedimiento se aplicó a los 5 cm y 10 cm de cada muestra hasta completar las dieciocho replicas, para relacionar la afinidad de los metales de acuerdo con el tamaño de la partícula de estos dos estratos (Fig. 16).

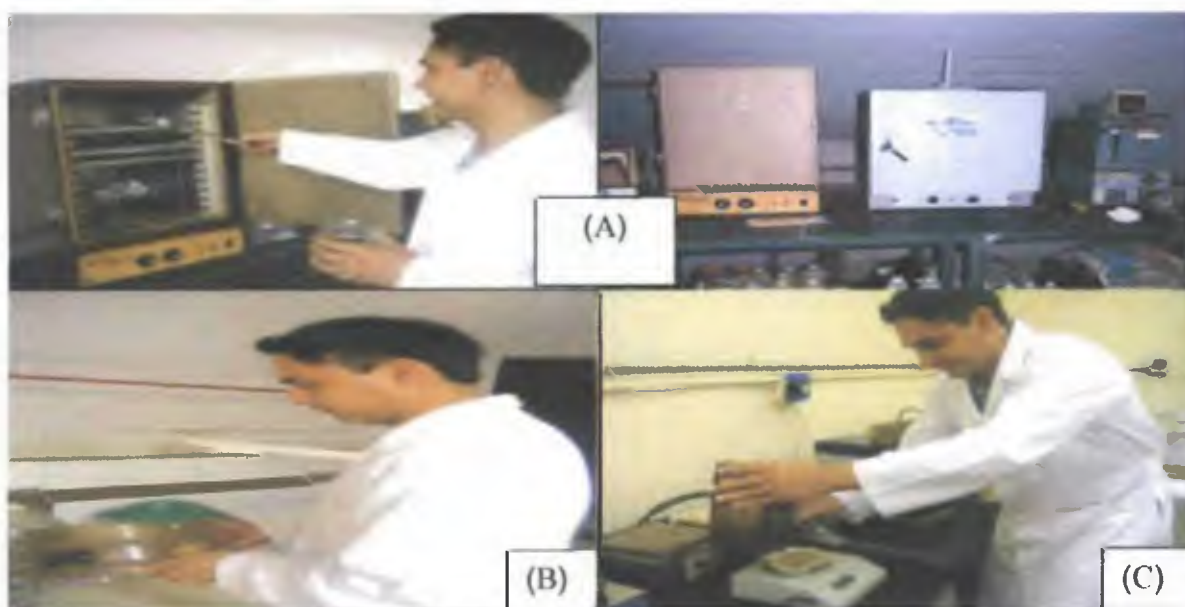


Figura. 16. Análisis Granulométrico, (A) Secado de las muestras, (B) Uso de tamices Ro-Tap, (C) Pesado de las muestras.

IV.2.4.1.1. Estadística gráfica granulométrica

Para la determinación de la estadística gráfica granulométrica se utilizó las ecuaciones de Folk & Ward (1957) citadas por Suguio 1973.

IV.2.4.1.2. Análisis estadístico granulométrico

Debido a que los valores utilizados para los análisis estadísticos están dados en porcentaje, se realizó una transformación “raíz cuadrada” de los porcentajes retenidos por malla para estabilizar la varianza, la cual, de acuerdo a la prueba de Bartlett, se mostró homocedástica., de tal manera que se aplicó estadística paramétrica.

IV.2.4.1.3. Granulometría predominante

Para la determinación del tipo predominante de granulometría se utilizó el Diagrama Triangular de Sheppard (1954) modificado por Holmes & McIntyre (1971).

IV.2.4.1.4. Origen del material sedimentológico

El origen del material fue determinado a través de los diagramas bivariados de Friedman (1961).

IV.2.4.1.5. Transporte del material sedimentológico

El transporte del material fue determinado a través de la gráfica de Visher (1969)

IV.2.4.1.6. Deposición del material sedimentológico

La zona de deposición del material estuvo dada por el diagrama de Sahu (1964)

IV.2.4.1.7 Ambiente sedimentario

El ambiente de deposición fue establecido a través del diagrama de Passega (1957) de acuerdo a Bull (1962) y Martins (2003).

IV.2.4.2. Metales (cobre y cadmio) en los sedimentos del Estero Caté

En el análisis de metales pesados se utilizó la metodología de Carmody et al (1973). Las muestras fueron colocadas en una estufa a 80 °C por 72 horas hasta obtener un peso constante, se

tomó 1 g y se sometió a digestión con ácido nítrico concentrado, se le adicionaron 2 ml de peróxido de hidrógeno, se filtraron con papel Whatman N° 42 y se completaron a un volumen de 25 ml con agua desionizada. El contenido de metales pesados (cobre y cadmio) se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, con horno de grafito (Fig. 17).

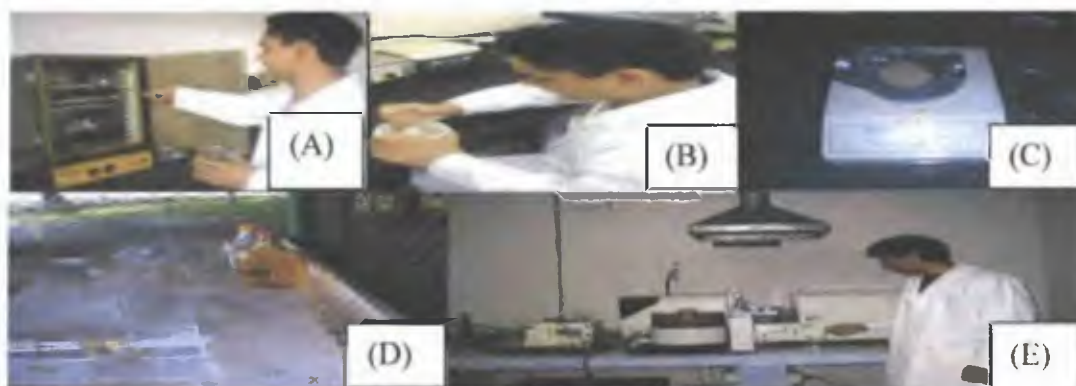


Figura. 17. Concentración de Cu y Cd en Sedimentos, (A) Secado de las muestras, (B) macerado de muestras, (C) Pesado, (D) Digestión ácida de las muestras, (E) Lectura de las muestras.

IV.2.4.2.1. Análisis estadístico del sedimento

Se aplicó una Prueba de Lilliefors para determinar la normalidad de los datos de concentración de metales en sedimento, debido a la no estabilización de la varianza se decidió utilizar Estadística No Paramétrica.

IV.2.4.2.2. Metales (Cobre y Cadmio) en sedimento con respecto a los meses de colecta

Se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis y una prueba S-N-K para establecer diferencias significativas en cuanto a las concentraciones de metales cobre y cadmio entre los meses de colecta.

IV.2.4.2.3. Metales (Cobre y Cadmio) en sedimento con respecto a las estaciones de muestreo

Se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis y una prueba S-N-K para determinar diferencias significativas en cuanto a las concentraciones de metales cobre y cadmio entre las estaciones de muestreo

IV.2.4.2.4. Metales (Cobre y Cadmio) en sedimento con respecto a las variables fisico-químicas y la granulometría

Se realizó una correlación de Spearman para establecer la posible relación entre la concentración de metales (cobre y cadmio) de acuerdo a las variables fisico-químicas y la granulometría.

IV.2.4.2.5. Prueba de Análisis de conglomerado (Cluster Analysis) para metales (Cobre y Cadmio) en sedimento

El Análisis de Conglomerado (Cluster Analysis) se hizo para determinar la semejanza de estaciones, mediante el método de agregación "Single Linkage Method", a través de la distancia Euclídeana para el cobre y el cadmio.

IV.2.4.2.6. Concentración de metales (cobre y cadmio) en sedimentos entre épocas seca e intermedia lluviosa.

Se aplicó una prueba "U de Mann Whitney" para determinar si existen diferencias de la concentración de metales (cobre y cadmio) entre las época seca e intermedia lluviosa.

IV.2.5. Relación de la concentración de metales (cobre y cadmio) entre sedimentos y *A. tuberculosa*.

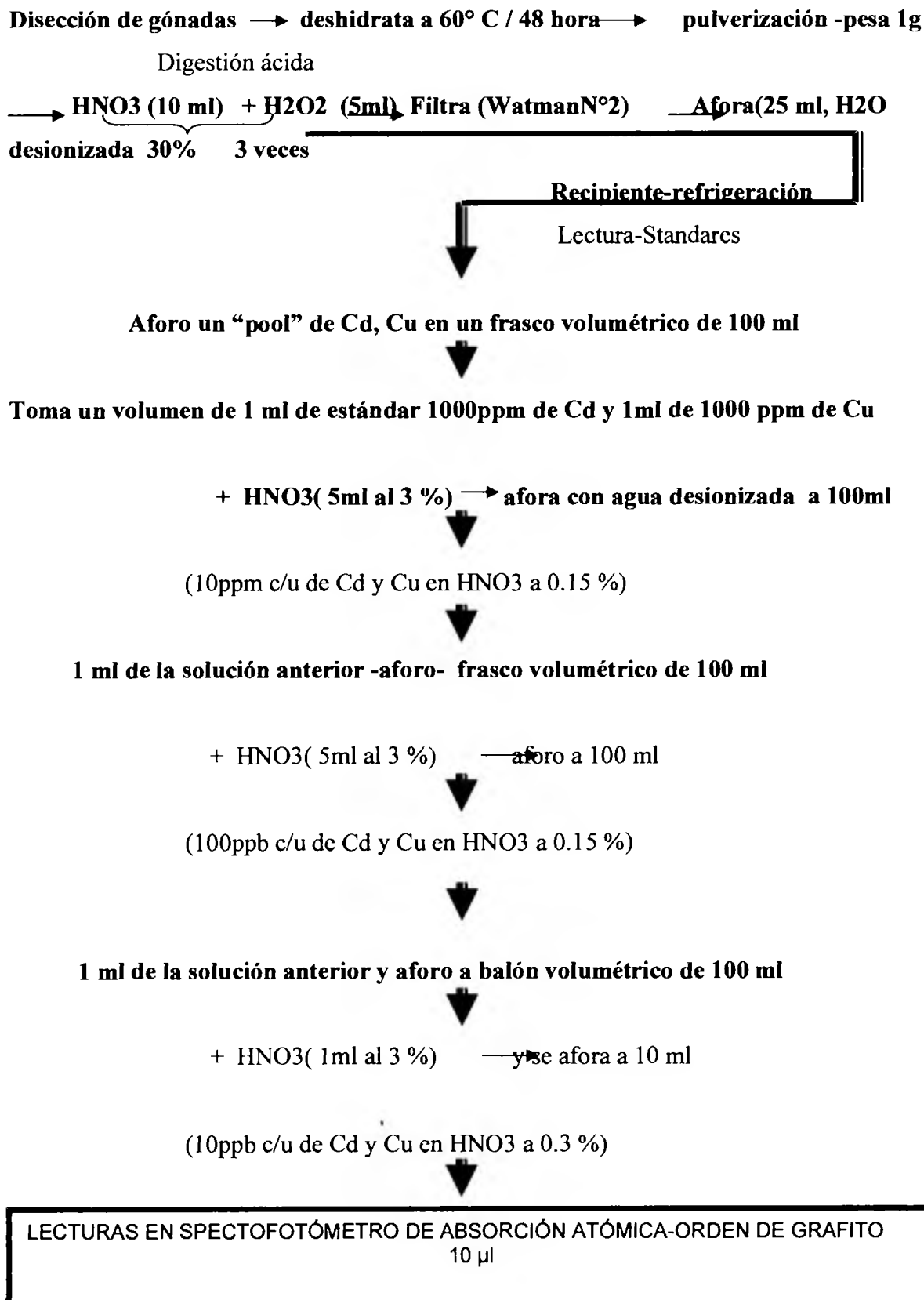
Se realizó un Análisis de Correlación de Spearman para determinar la relación entre los metales en el sedimento y el acumulado en los organismos.

IV.2.6. Preparación de los Estándares:

Se aforó un “pool” de Cu y Cd en un frasco volumétrico de 100 ml. Se tomó un volumen de 1 ml de estándar 1000 ppm de Cd y 1ml de 1000 ppm de Cu usando una pipeta de punta desechable de volumen fijo marca Oxford precisión simple Micropipetting System. Se adicionó 5 ml de ácido nítrico 3% grado H.R y se aforó con agua desionizada a 100ml (10 ppm c/u de Cd y Cu en ácido nítrico a 0.15 %). Se tomó 1 ml de la solución anterior y se pasó a otro frasco volumétrico de 100 ml, se le añadió 5 ml de HNO₃ al 3 % y se afora a 100 ml (100 ppb de Cu y Cd en HNO₃ al 0.15%). Se tomó 1 ml de la solución anterior y se pasó a un frasco volumétrico de 10 ml, se le añadió 1 ml de HNO₃ 3% y se aforó con agua desionizada (10 ppb de c/u en HNO₃ al 0.3%).

Se procedió a calibrar el espectrofotómetro Shimadzu AA6800, Auto Sampler ASC-6100.horno de grafito GFA 6500, usando estándares de 10 ppb; la curva de calibración se confeccionó utilizando deposiciones en el grafito de 2, 5, 10, 15, 20 µl y se leyeron las muestras usando 10 µl de deposición. Para las lecturas de Cd, las muestras fueron diluidas 1/4: 1ml de solución en 3 ml de agua desionizada y se agito en un vortex.

IV.2.7. Procedimiento de la Digestión y Lecturas de las muestras



V. Análisis Estadístico

Tratamiento estadístico de los datos:

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa BioEstat 5.0 (Ayres et al 2007)

Para determinar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de D'Agostino (por ser pocos datos).

Se utilizó la prueba de:

V.1. Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar diferencias significativas entre meses de muestreo de las diferentes variables. Al obtenerse diferencias significativas entre grupos, se utilizó las siguientes pruebas de rangos múltiples:

V.2. Prueba de Tukey, para datos paramétricos, y prueba de Student-Newmans-Keuls (SNK) para datos no paramétricos.

V.3. Prueba U de Mann-Whitney, para determinar diferencias significativas entre la época seca y lluviosa de las variables.

V.4. Prueba de Correlación de Spearman, para determinar relaciones entre variables estudiadas longitud /peso.

V.5. Prueba de τ kendall, para determinar relación entre la concentración de metales y variables “nominales” como sexo y estadio gonadal.

V.6. Correlación de Pearson, para determinar las relaciones biométricas entre talla, peso, ancho y altura de la concha.

V.7. Prueba de Análisis de conglomerado (Cluster Analysis), para determinar la semejanza de estaciones, mediante el método de agregación “Single Linkage Method”, a través de la distancia Euclídeana para el cobre y el cadmio.

VI. RESULTADOS

VI.1. Parámetros físico/químicos

La temperatura del agua tuvo un promedio de 28.58°C (± 0.64), con un ámbito que fue de 27 a 32°C , registrándose las máximas temperaturas para el mes de abril y las mínimas en mayo. El promedio obtenido para la salinidad del agua fue de 19.58 ups (± 7.69), las concentraciones más altas se presentaron en abril con un valor de 29.6 ups y el valor más bajo en julio el cual fue de 11.5 ups. Los niveles de pH fluctuaron entre 6.7 y 7.2 , con valores más altos para el mes de julio; mientras que los más bajos se registraron en febrero y se obtuvo un promedio de 7.04 (± 0.14); a la vez que los registros del oxígeno disuelto mostraron un promedio de 5.24 mg/l (± 0.95), con niveles más altos de 6.13 mg/l y los más bajos de 4.12 mg/l para los meses de julio y marzo respectivamente (Fig. 18).

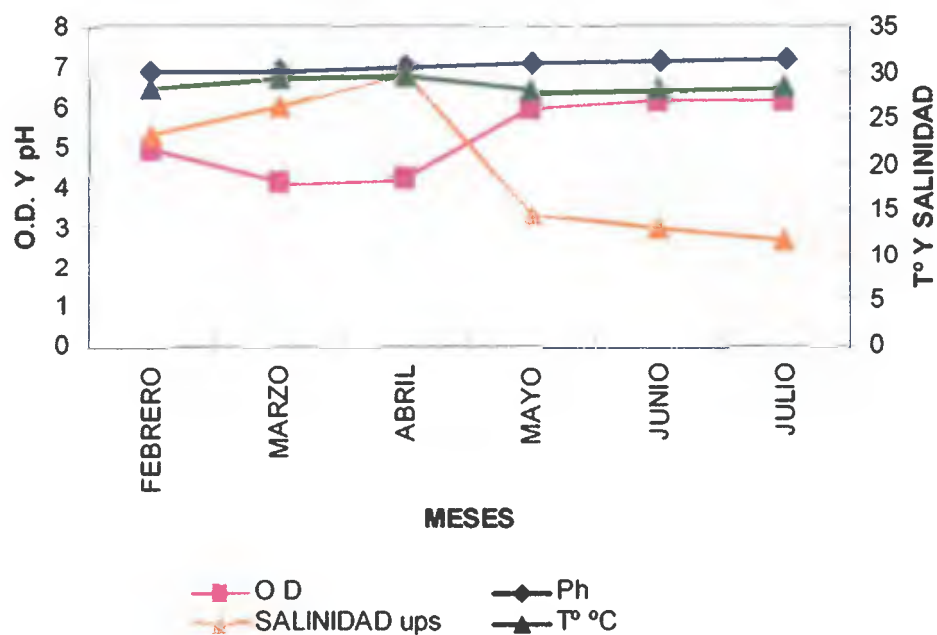


Figura . 18. Distribución de los parámetros temperatura y salinidad, pH y oxígeno disuelto de acuerdo al mes en el área de estudio.

VI.2. Características Morfométricas, Reproductivas y Metales en *Anadara tuberculosa*

VI.2.1 Biometría

El peso completo máximo encontrado fue de 126.2 g, el mínimo de 10.5 g, con un promedio de 48.80 g; Para la longitud se obtuvo un promedio de 53.64 mm, siendo la longitud máxima de 72.25 mm y la mínima de 28.05 mm. La anchura máxima fue de 48.69 mm y la mínima de 18.25 mm, con un promedio de 33.71 mm; para altura se obtuvo un máximo de 54.07 mm y una mínima de 23.94mm, con un promedio de 37.97 mm; El peso máximo de la valva fue de 80.4 g y el mínimo fue de 7 g con un promedio de 32.47 g. el peso máximo del organismo encontrado fue de 92.2 g y el mínimo de 3.1 g, con un promedio de 10.15 g y el máximo peso de la gónada obtenido fue de 34.4 g y el mínimo encontrado fue de 1.4 g, con un promedio de 3.49 g (Cuadro 2).

Cuadro. 2. Estadística descriptiva (n=180) para *A. tuberculosa* en el estero Caté, Golfo de Montijo

<i>Parámetro</i>	<i>Promedio</i>	<i>S</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
Longitud (mm)	53.64	8.22	72.25	28.05
Ancho (mm)	33.71	7.05	48.69	18.25
Alto(mm)	37.97	5.59	54.07	23.94
Peso completo(g)	48.80	24.25	126.2	10.5
Peso valva(g)	32.47	15.61	80.4	7
Peso del organismo (g)	10.15	7.91	92.2	3.1
Peso Gónada(g)	3.49	2.64	34.4	1.4

VI.2.1.1. Crecimiento y Distribución de Tallas

El desplazamiento modal indicó un claro crecimiento de abril a mayo: 5.49 mm y de junio a julio 10.1 mm. Por otro lado, se confirma que se muestrearon varias cohortes, observado por la disminución de la moda entre un mes y el siguiente, la diferencias entre las medianas indicó un crecimiento mensual de 4.77 mm. (Cuadro 3).

Cuadro. 3. Desplazamiento modal mensual

Mes	Moda	Diferencia (mm)
1	58.97	
2	52.63	
3	46.85	5.49
4	52.34	
5	41.06	10.1
6	51.16	

Para la estructura de tallas de *A. tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo se midieron 180 organismos, determinando una longitud promedio de 53.64 mm (± 8.22). El análisis de histograma permite observar un predominio de frecuencia de talla entre los 50-55 mm en los meses de febrero, marzo y mayo; a diferencia de junio y julio donde predominaron tallas entre los 50-75 mm (Fig.4). No se obtuvo registro significativo de tallas menores a lo largo de los meses estudiados, pero se dio un aumento mínimo de tallas máximas que comprende de 65mm a 72 mm en los meses de junio y julio; registrándose una talla máxima de 72.25 mm de Longitud (Fig. 19).

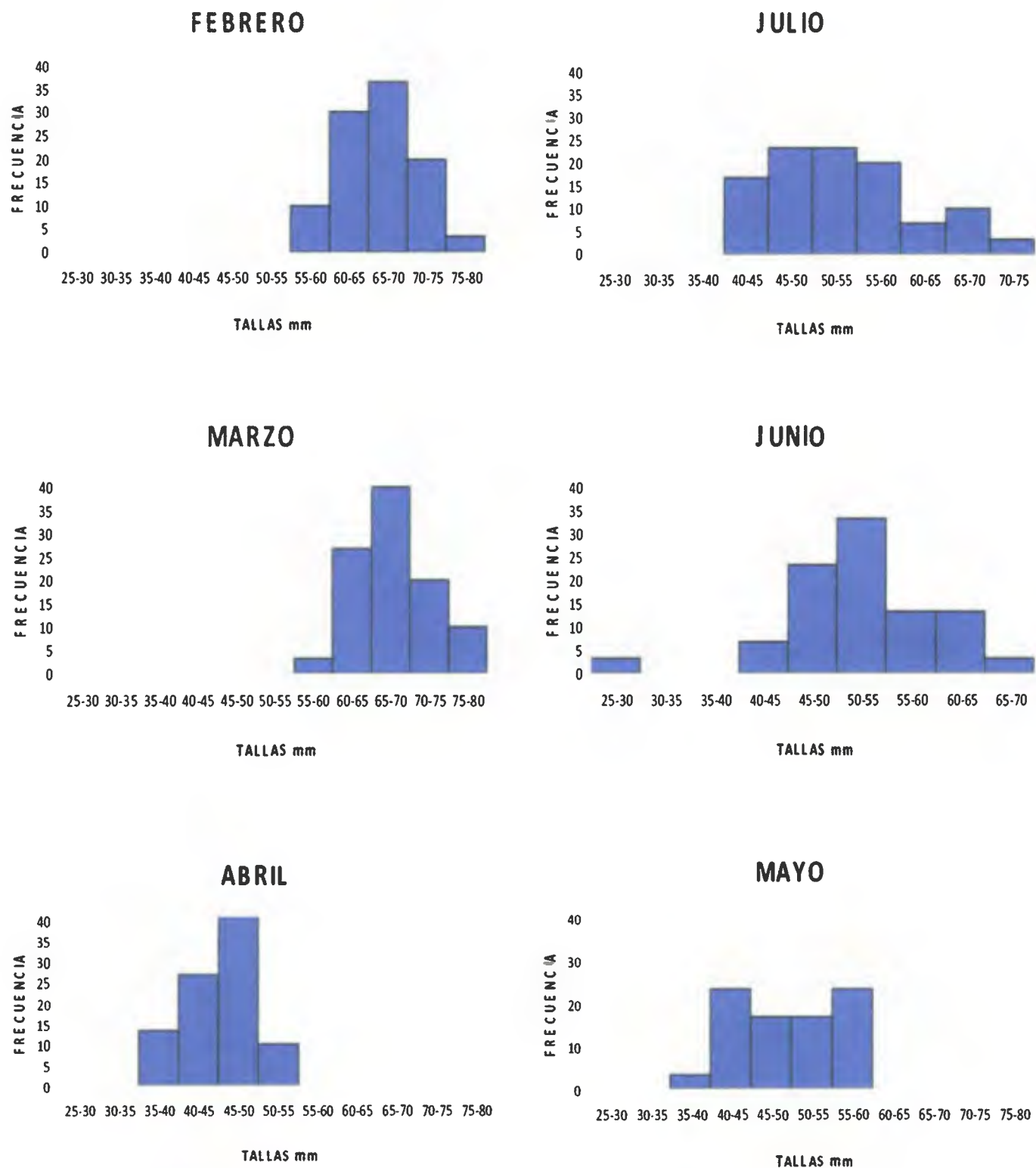


Figura. 19. Distribución mensual de tallas en *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo. Febrero-julio 2007.

VI.2.1.2. Variación mensual de la longitud y peso de la Concha.

La longitud máxima se encontró en el mes de mayo con un valor 121.9362 mm y mínima para el mismo mes con un valor de 3.6438 mm (Fig. 20).

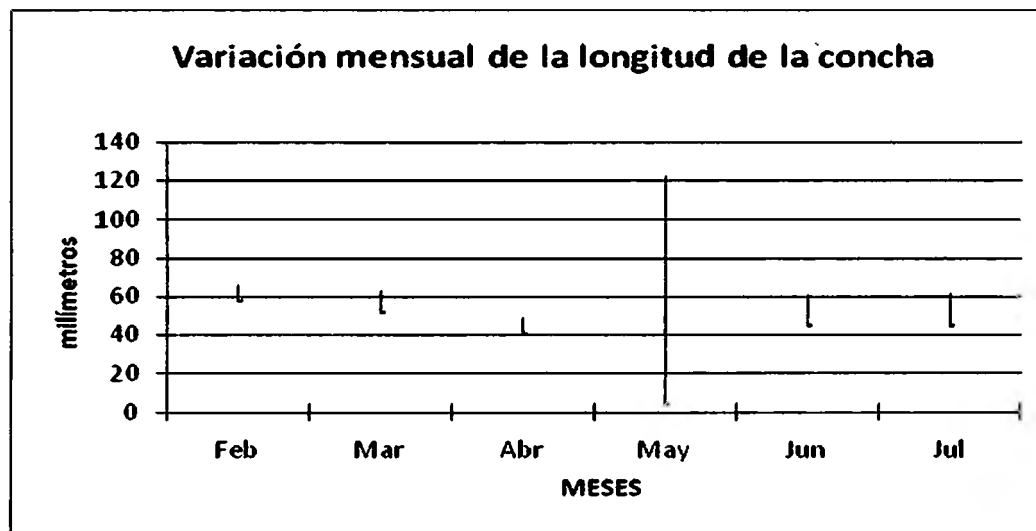


Figura. 20. Variación de la Longitud (Talla) \pm desviación estándar, durante los meses de muestreo.

El valor máximo para el peso de la concha se obtuvo para el mes de julio con un valor de 22.2695 g y los valores mínimos para los meses de marzo y julio con valores de 2.8464 g y 1.4505 g respectivamente (Fig. 21).

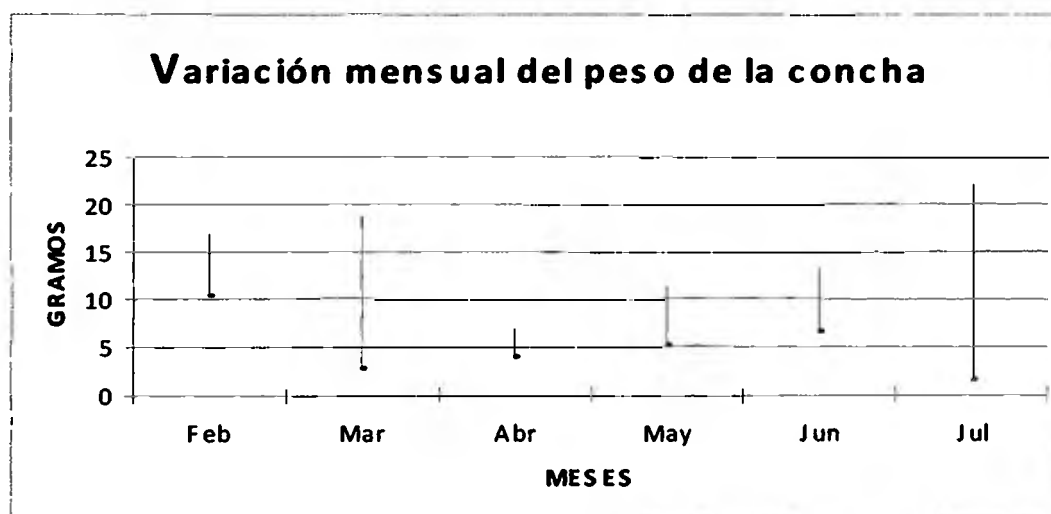


Figura. 21. Variación del Peso \pm desviación estándar, durante los meses de muestreo.

VI.2.1.3. Relación ancho, altura y peso con la talla.

La relación entre longitud (l) y la anchura (a) se ajustó mediante la ecuación $y = -8.2562 + 0.7823 x$ (Fig. 22).

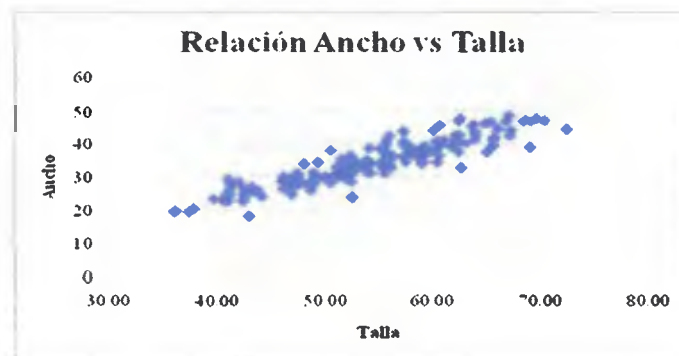


Figura. 22. Relación Ancho vs Talla

La relación altura-talla Se determinó mediante la ecuación $y = 5.31 + 0.6087 x$ (Fig 23).

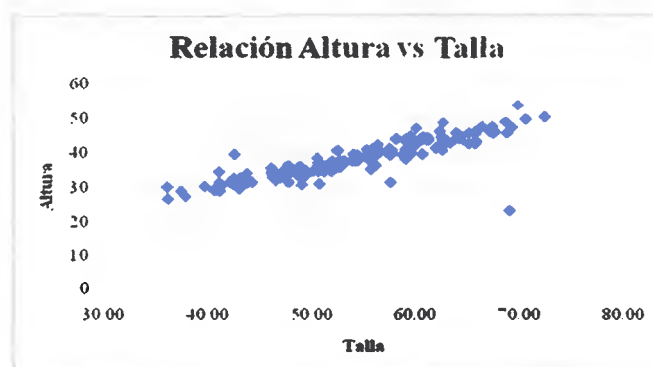


Figura. 23. Relación Altura vs Talla

La ecuación que describe la relación Peso-Talla es: $Y = \exp(-0.185 + 0.441 X)$ (Fig. 24).

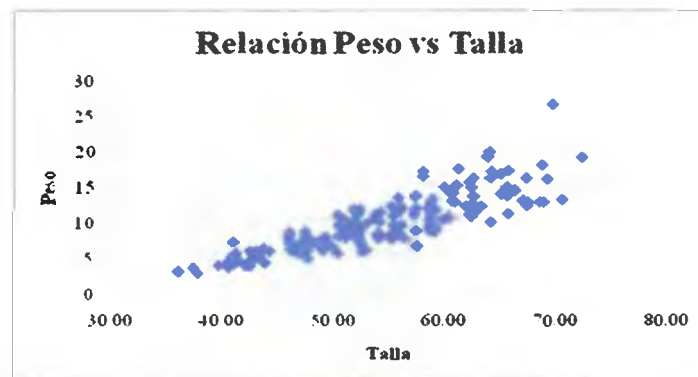


Figura. 24. Relación Peso vs Talla.

Al aplicar la correlación de Pearson se encontró que existe una correlación significativa ($p < 0.05$) entre longitud y peso.

VI.2.1.4. Talla en relación a la concentración de cobre y cadmio.

Según la correlación de Spearman existe correlación negativa altamente significativa entre la talla y la concentración de metales, cobre y cadmio. O sea mientras mayor la talla, menor la concentración de metales (cuadro 4).

Cuadro. 4. Correlación de Spearman

		Cobre	Cadmio
Talla	r	-0.3185	-0.3161
	p	0.0000	0.0000

VI.2.1.5. Peso en relación a la concentración de Cobre y cadmio.

De acuerdo a la correlación de Spearman existe correlación negativa significativa entre el peso y la concentración de metales, cobre y cadmio. O sea mientras mayor el peso, menor la concentración de metales (Cuadro 5).

Cuadro. 5. Correlación de Spearman

		Cobre	Cadmio
Peso	r	-0.1634	-0.3161
	p	0.0297	0.0001

VI.3 REPRODUCCIÓN

VI.3.1. Diferenciación sexual

De los 180 individuos colectados se tomó una muestra representativa de 72 individuos, para realizar una diferenciación sexual bajo el microscopio entre hembras y machos (Fig. 25 y 26). El 44.44 % de los organismos observados correspondieron a machos, el 48.61% a hembras, mientras que el 6.94% a individuos cuyas características sexuales no pudieron ser identificadas ya sea porque se trataban de individuos muy pequeños o porque no se observó en su masa visceral rastros de desarrollo gonadal. La distribución de sexos por mes (Fig. 27), evidenció a las hembras como grupo dominante en mayo, junio y julio; mientras que los machos dominaron en el resto de los meses a excepción de marzo, donde los porcentajes fueron similares en ambos sexos.

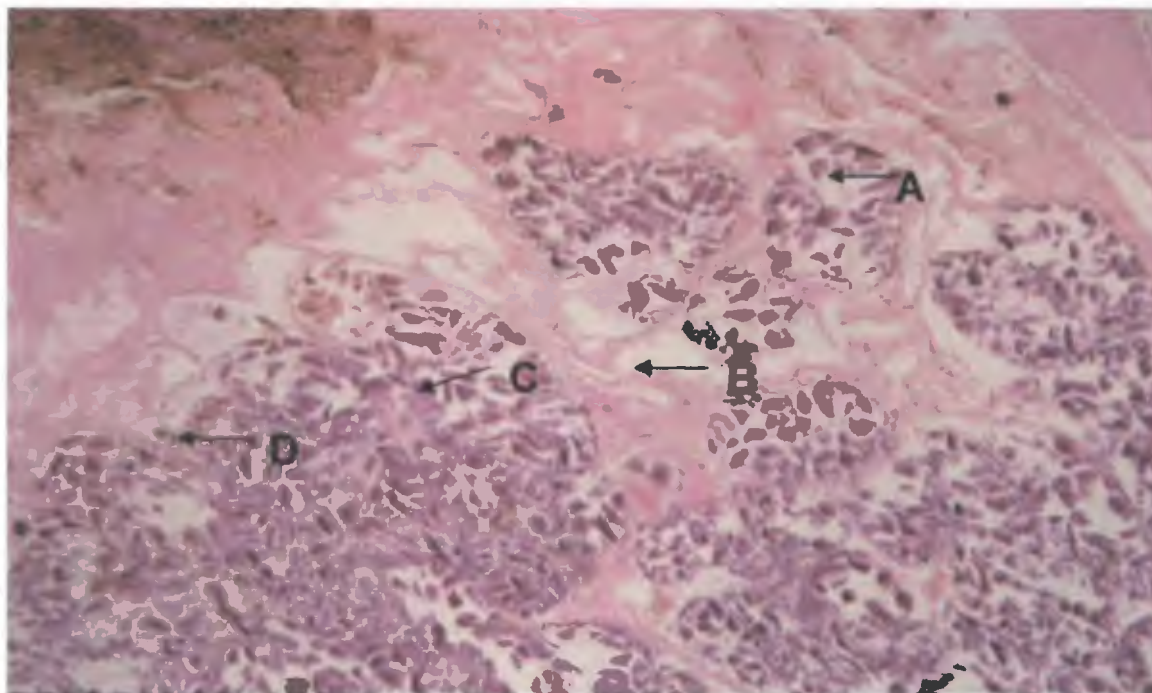


Figura. 25. Gónada de *A. tuberculosa* hembra. (A) Folículo, (B) Tejido Conjuntivo, (C) Ovocito Secundario, (D) Ovocito Primario.

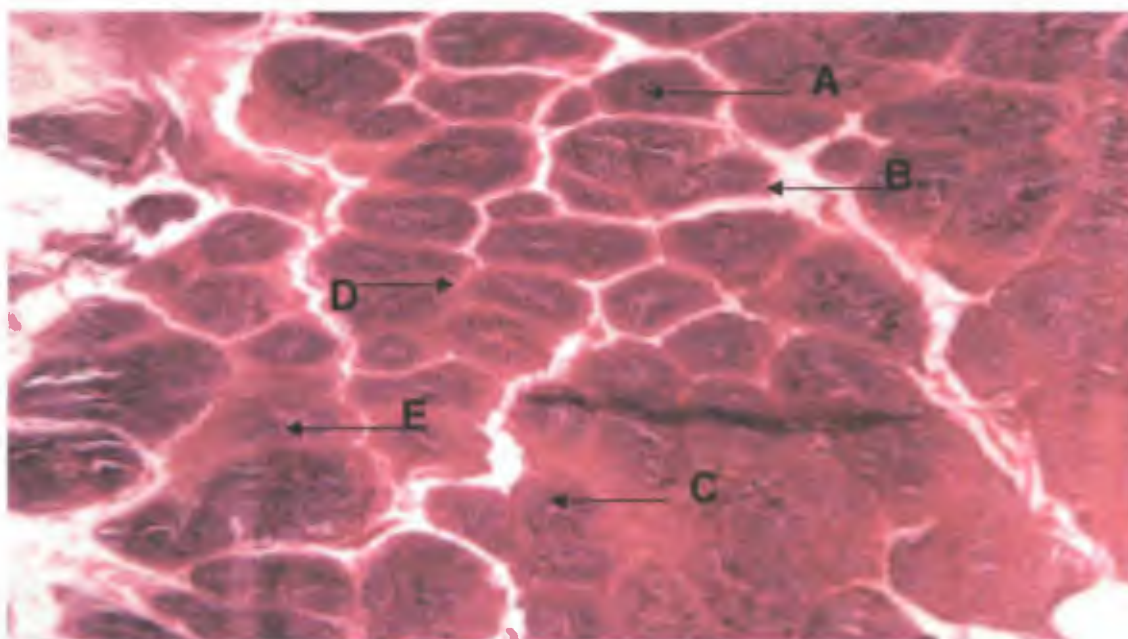


Figura. 26. Gónada de *A. tuberculosa* macho (A) Folículo, (B) Tejido Conjuntivo, (C) Espermatozoide, (D) Centro tubular seminal, (E) Túbulo Seminal Maduro.

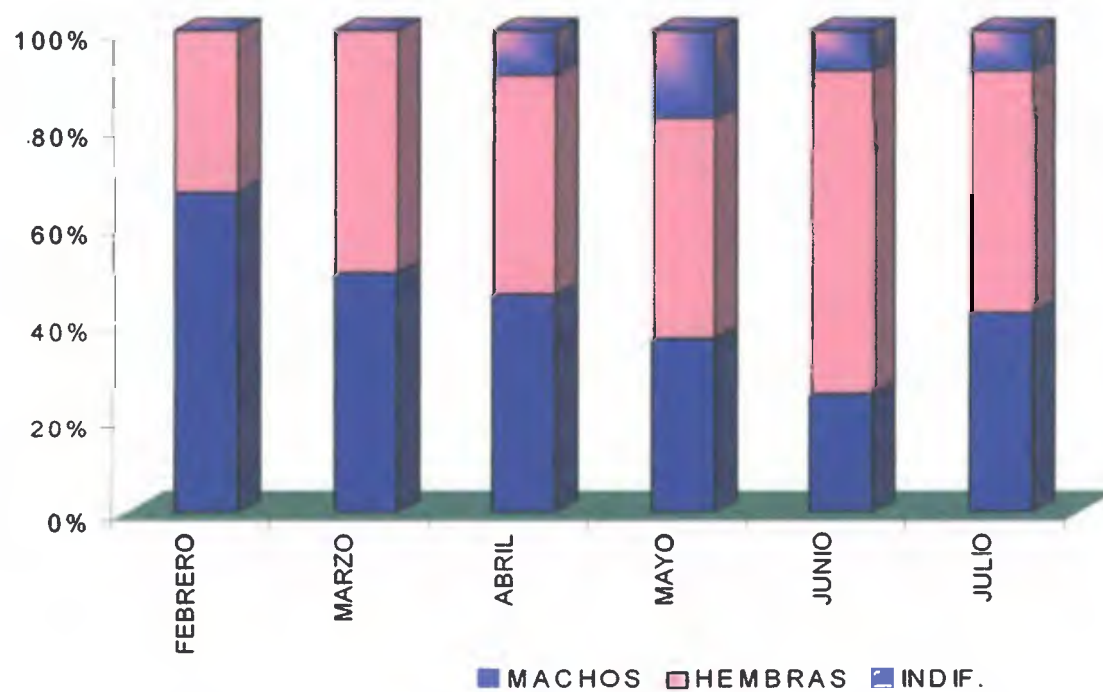


Figura. 27. Distribución mensual de la proporción sexual de *A. tuberculosa* en Estero Caté, Golfo de Montijo. Febrero 2007-Julio 2007.

Según los valores obtenidos la proporción sexual presentada de hembras para machos fue de 1:1 (Fig. 28).

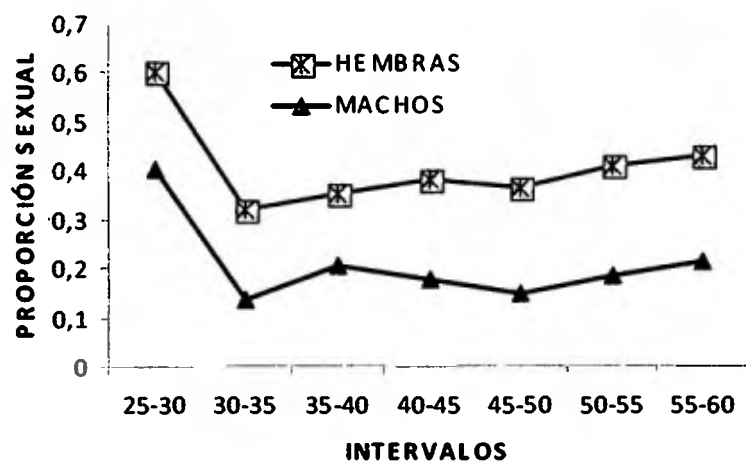


Figura. 28. Proporción sexual de hembras y machos de *Anadara tuberculosa* de acuerdo a rangos de longitud, en el Estero Caté Golfo de Montijo.

VI.3.2. Estadios de Maduración

En la figura 29, podemos observar que durante los meses de mayo y junio se presentó la mayor cantidad de individuos en estado de indiferenciado con un 16.67% (Fig. 30). En tanto que los organismos en estado de desarrollo (Fig. 31 y 32), Registraron un máximo porcentaje en marzo y junio con un 41.67% (Fig. 29), mientras que el porcentaje más alto para desovado (Fig. 33 y 34) se observó en el mes de abril con un 58.33% y también se registró otro un poco más bajo de 50% en el mes de julio (Fig. 29). El porcentaje más alto para la fase de reabsorción (Fig. 35 y 36) tuvo lugar en el mes de marzo y mayo con un 33.33% (Fig. 29).

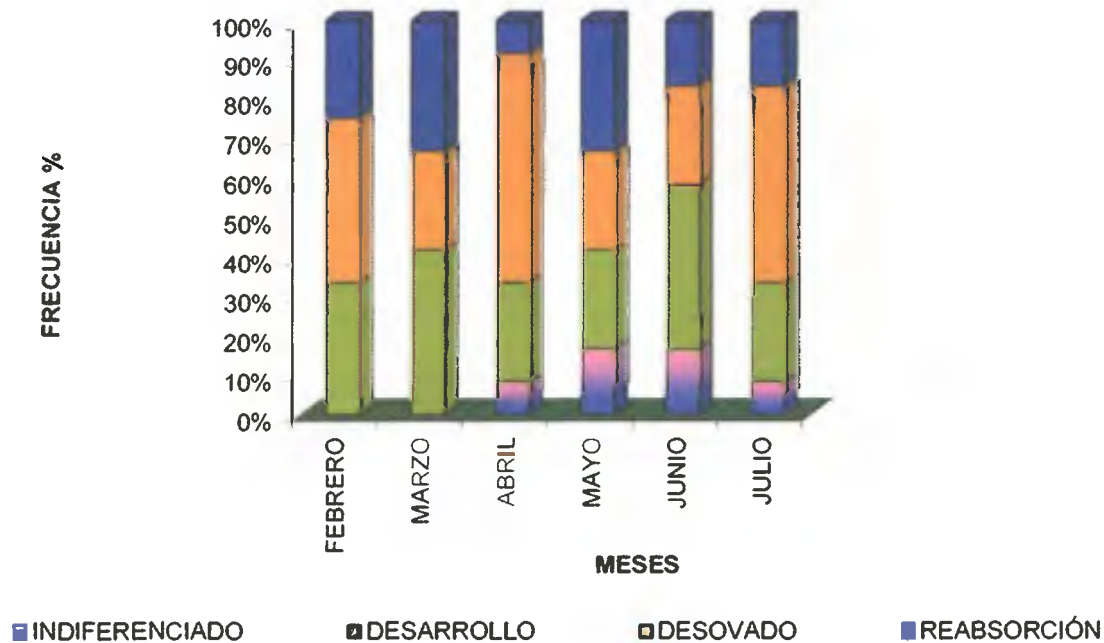


Figura. 29. Comportamiento del desarrollo gonadal de *A. tuberculosa* durante el periodo de estudio.

VI.4 Histología

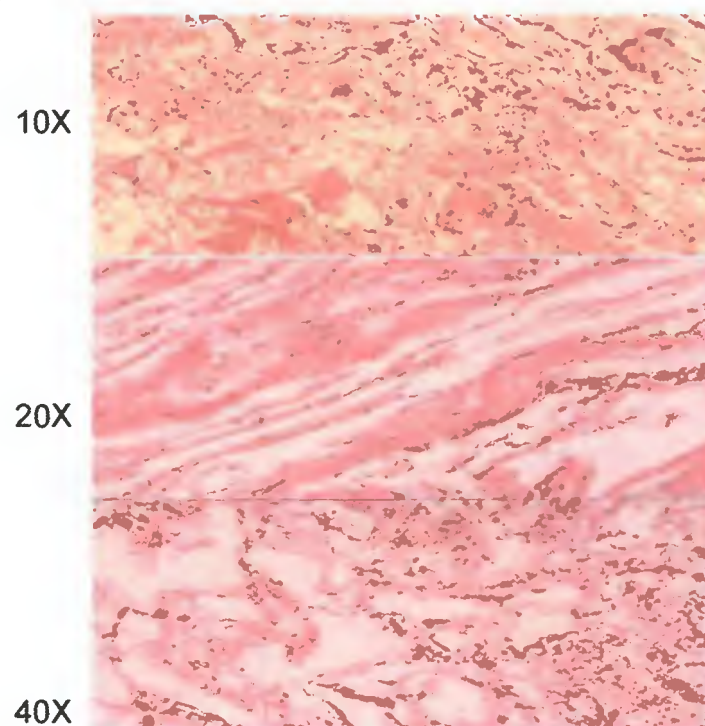


Figura. 30. Etapa 1 (Indiferenciado) de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

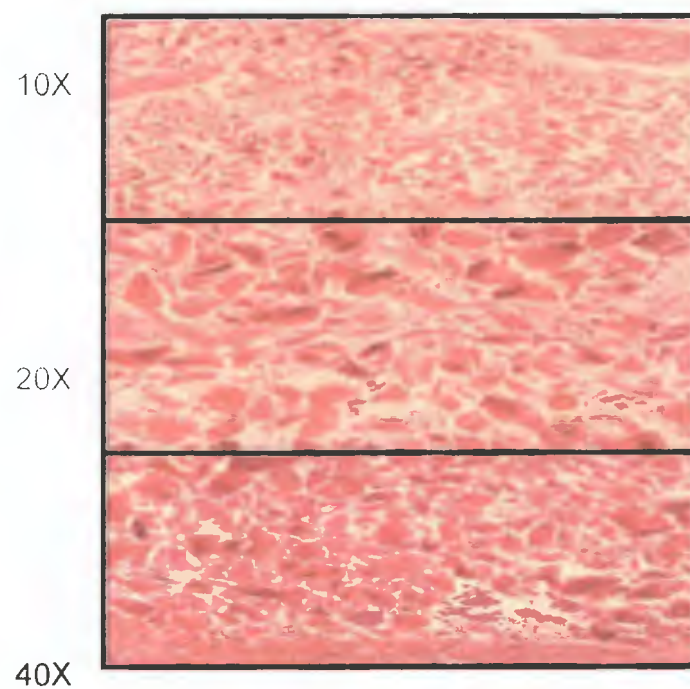


Figura. 31. Etapa 3 (Desarrollo) de hembras de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

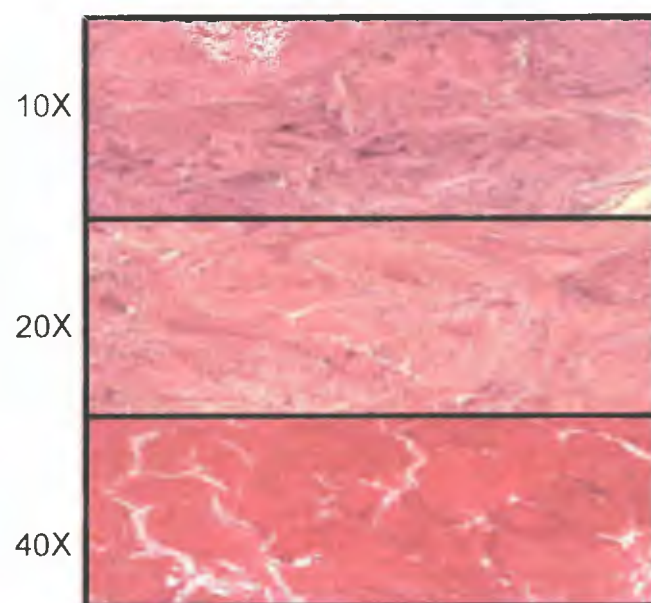


Figura. 32. Etapa 3 (Desarrollo) de machos de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

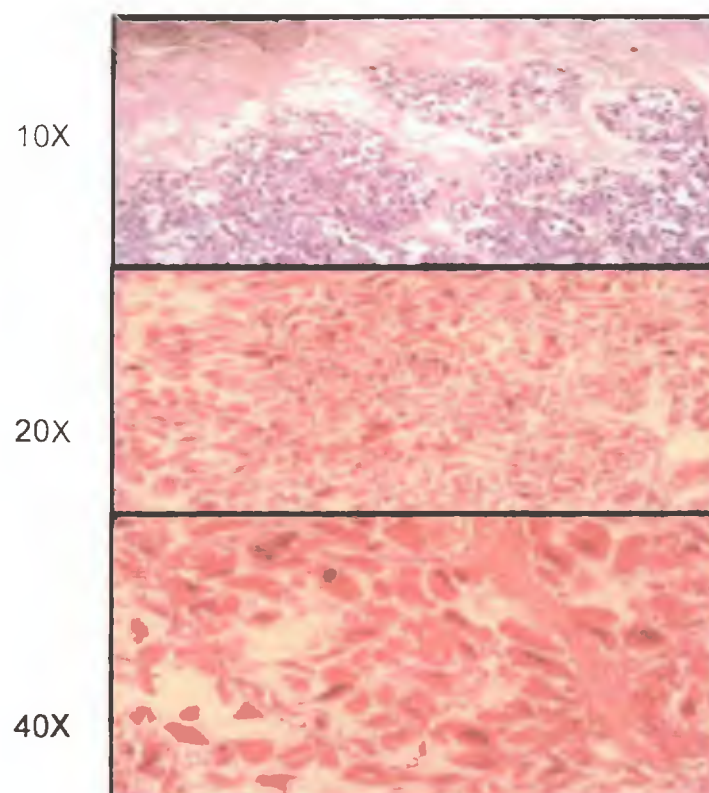


Figura. 33. Etapa 2 (Desove) de hembras de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

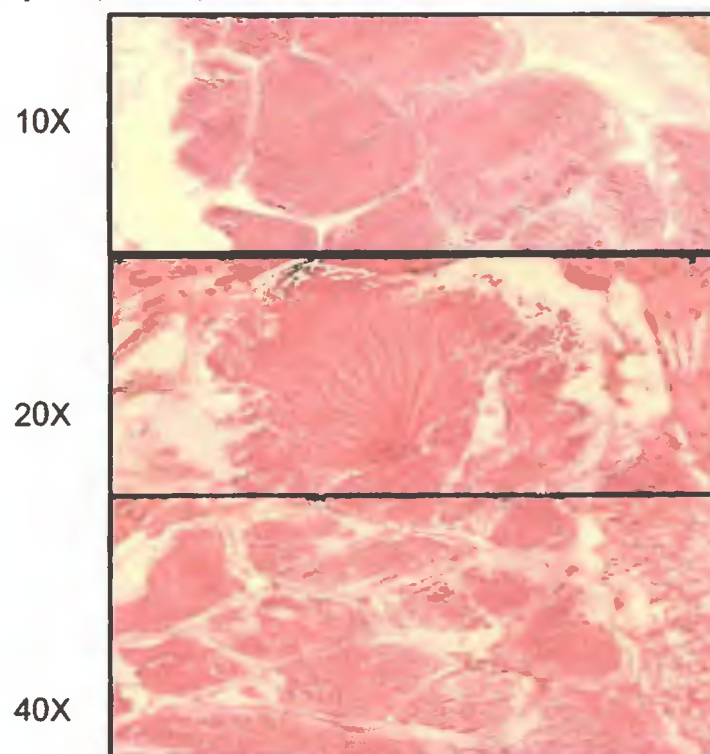


Figura. 34. Etapa 2 (Desove) de machos de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

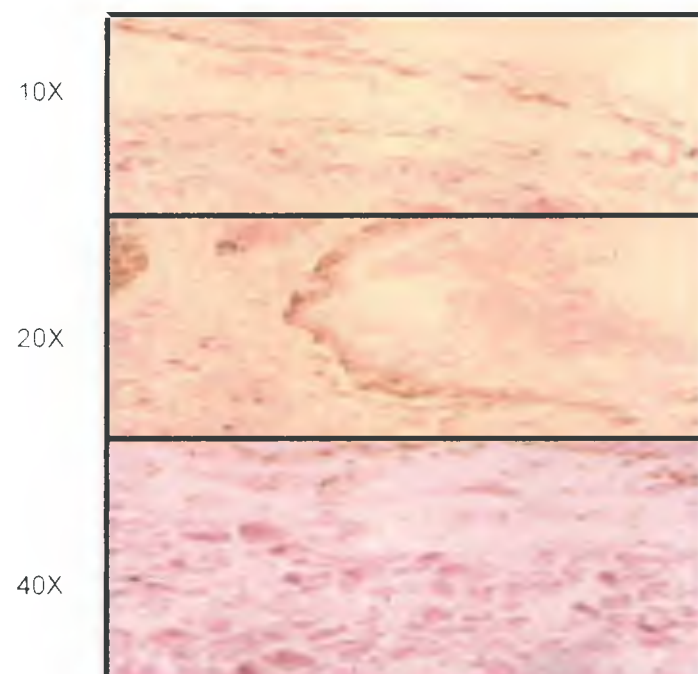


Figura. 35. Etapa 4 (Reabsorción) de hembras de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

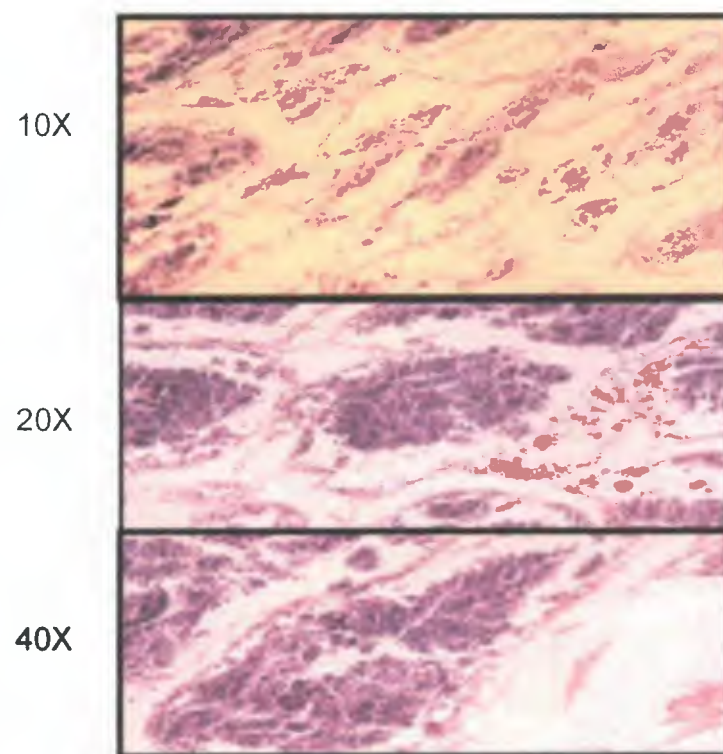


Figura. 36. Etapa 4 (Reabsorción) de machos de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

VI.5. Desoves

A lo largo del periodo de este estudio, *A. tuberculosa* en el estero Caté mostró un período de desove continuo; no existió un período masivo de desove para esta especie a lo largo de toda su distribución. En la Figura 12 se presentan la proporción de los 4 estadios encontrados durante el período de estudio, con los mayores picos de desove para febrero, más acentuado en abril y otro en julio. De acuerdo a la correlación de Spearman no se dio relación significativa con los parámetros fisico-químicos.

VI.6. Metales (Cobre y Cadmio) en Gónadas de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo.

Las máximas concentraciones de Cd encontradas en este estudio fueron de 254.015 ng/g y 194.481 ng/g para los meses de junio y marzo respectivamente y las mínimas oscilaron entre - 23.061 ng/g y 12.3245 ng/g en los meses de marzo y febrero, por su parte el Cu mostró los máximos valores para la temporada intermedia lluviosa siendo estos de 4548.81 ng/g para el mes de junio y 3006.42 ng/g para abril, las concentraciones más bajas fueron en el mes de marzo con 10.596 ng/g y febrero con 240.056 ng/g.(Fig. 37 y 38).

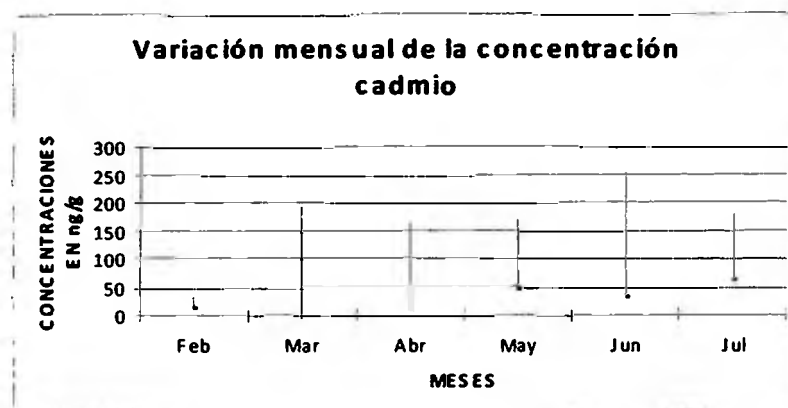


Figura. 37. Concentración de cadmio \pm desviación estándar, durante los meses de muestreo.

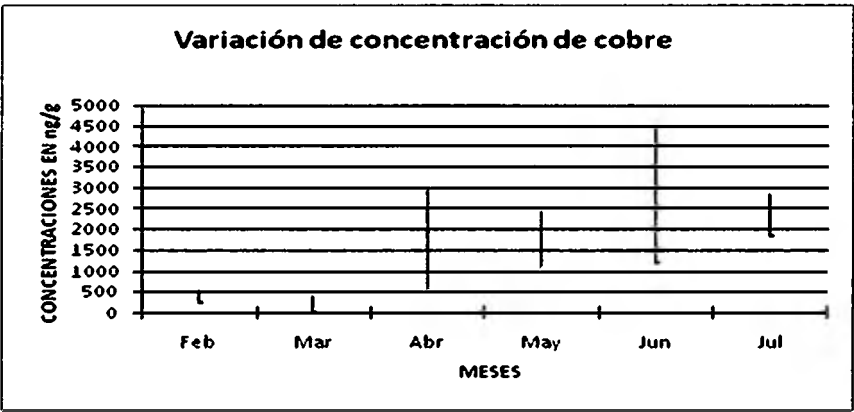


Figura. 38. Concentración de cobre \pm desviación estándar, durante los meses de muestreo.

Una vez obtenidas las lecturas sobre las concentraciones de cobre y cadmio en gónadas, se les aplicó un Análisis de Varianza, encontrándose que existe una diferencia altamente significativa en la concentración de cobre (ANDEVA $F= 66,13$ $p= 0,0001$) y cadmio (ANDEVA $F= 8,36$ $p= 0,0001$) entre los meses de muestreo; mediante la prueba de rango múltiple de Tukey se determinó que las concentraciones de cobre eran iguales en los meses de febrero y marzo, también en abril y mayo, pero diferentes entre ellos y los demás meses, Cuadro 6. (Fig. 40); mientras que las concentraciones de cadmio sólo mostraron ser iguales en marzo y abril, presentándose diferentes en el resto de los meses, Cuadro 7. (Fig. 39).

Cuadro 6. Representación de la prueba de Tukey para la concentración de cobre en los organismos.

Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul

Cuadro 7. Representación de la prueba de Tukey para la concentración de cadmio en los organismos

Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul

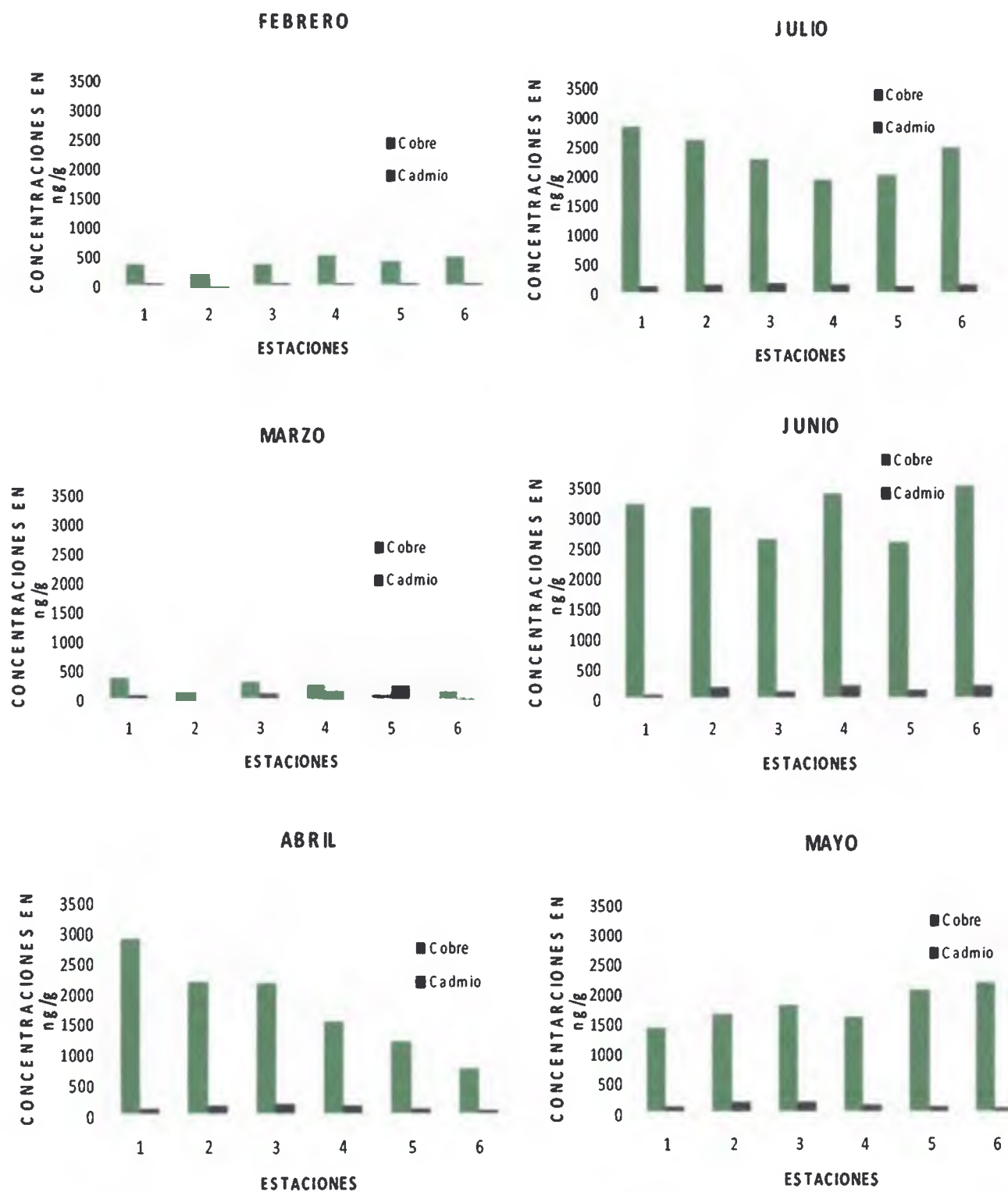


Figura. 39. Concentraciones de Cobre y Cadmio en gónadas de *A. tuberculosa* en las diferentes estaciones durante el periodo de estudio.

VI.6.1. Concentración de Cobre y Cadmio en gónadas con respecto a las estaciones y épocas de estudio.

Se determinó que no existe diferencia significativa en la concentración de cobre (ANDEVA $F= 0,8886$ $p= 0,6339$) y cadmio (ANDEVA $F= 0,8886$ $p= 0,6339$) entre las estaciones de muestreo (Fig. 23). De igual manera se les aplicó la prueba de U de Mann-Whitney la cual corroboró que existe una diferencia altamente significativa en la concentración de cobre ($U= 2122,50$ $p< 0,0001$) y en la concentración de cadmio ($U= 736,0$ $p< 0,0001$) entre las dos épocas del año (seca e intermedia lluviosa) (Fig. 40), por lo que se encontró mayores concentraciones de metales en las gónadas de *A. tuberculosa* en la temporada intermedia lluviosa, con respecto a la estación seca, posiblemente a que las lluvias contribuyen a un mayor arrastre de residuos en los ríos, lo cual aumenta la concentración de metales disponibles en el medio.

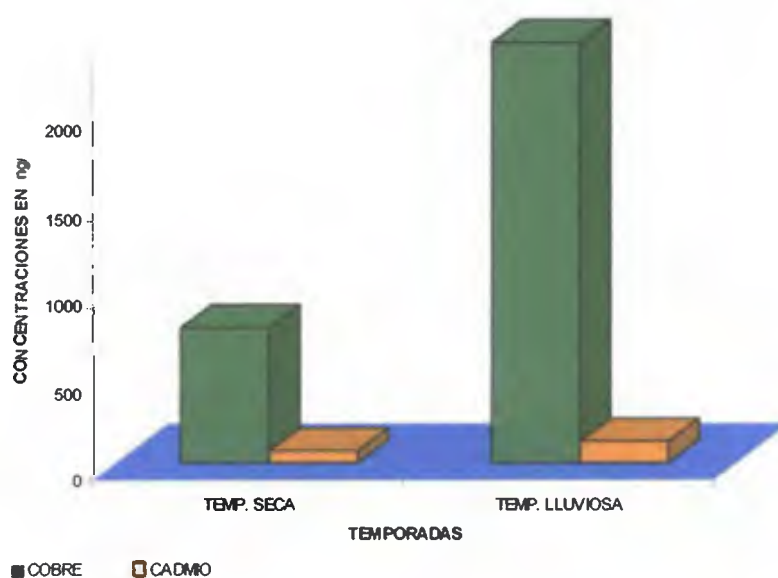


Figura. 40. Concentración de Cobre y Cadmio en gónadas de *A. tuberculosa* en temporada seca y temporada intermedia lluviosa.

VI.6.2. Concentración de Cobre y Cadmio de acuerdo al Estadio Gonadal.

El promedio de Cd determinado en las gónadas (muestra seca) fue de 0.096 $\mu\text{g/g}$ (± 0.06) y el de Cu fue de 1.59 $\mu\text{g/g}$ (± 1.10), siendo estos inferiores a los límites establecidos (1,0 $\mu\text{g/g}$ de Cd, y de 2,0 $\mu\text{g/g}$ de Cu) para moluscos, conforme a lo establecido por la FAO en Nauen (1983), la FDA (2001) y el Departamento de Salud de Australia (Cuadro 8).

Cuadro. 8. Valores promedios de Cadmio y Cobre en *A. tuberculosa* y su relación con los límites Internacionales

Elemento	Promedio $\mu\text{g/g}$	FAO $\mu\text{g/g}$	DHAA $\mu\text{g/g}$	FDA $\mu\text{g/g}$
Cadmio	0.096	1.00	2.00	4.00
Cobre	1.59	2.00	2.50	1.70

Según la prueba Tau de Kendall no existe relación entre el estadio gonadal y la concentración de cobre. Sin embargo, existe relación altamente significativa entre el estadio gonadal y la concentración de cadmio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Correlación de τ de Kendal de concentración de metales (cobre y cadmio y el estadio gonadal)

	Cu	Cd
Tau	-0.1241	-0.3516
p	0.1671	0.0001

De acuerdo a la distribución porcentual de los estadios gonadales con respecto al cadmio, el Estadio 1 representó el 8,5 % de individuos con metal concentrado, mientras que en Estadio 3 representó el 37,3 % de los individuos con metal concentrado (Cuadro 10).

Cuadro. 10. Porcentaje de acumulación de cadmio de acuerdo al estadio gonadal

Estadio	Organismo con metal concentrado (%)
1	8,5
2	27,1
3	37,3
4	27,1

VI.6.2. Índice Gonadosomático en la relación con la concentración de metales.

La correlación de Pearson fue significativa entre el índice para hembras y el metal cadmio ($r=0.9616$ $p=0.0022$), Fig. 41. Sin embargo, no se dio relación entre el índice para hembras con el cobre, ni tampoco entre el índice para machos con los metales cadmio y cobre. La variación mensual entre el índice Gonadosomático de hembras con respecto a machos mostró una mayor tendencia a reproducirse en época intermedia-lluviosa que en época seca, un tanto más acentuada en el mes de abril, Fig. 42.

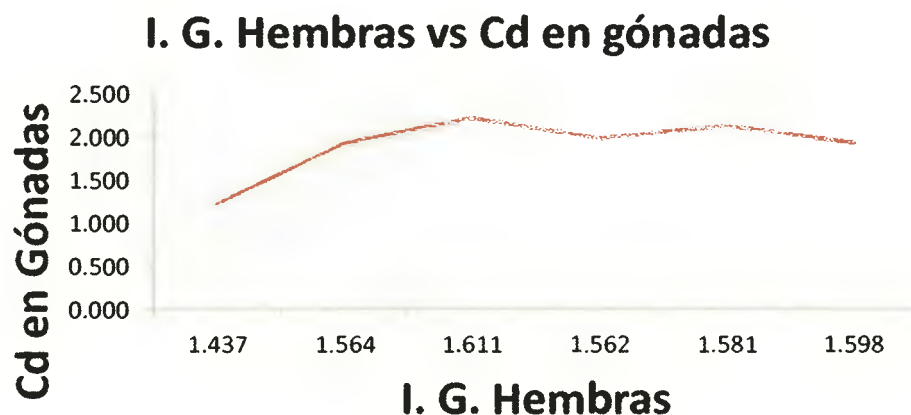


Figura. 41. Índice Gonadosomático en hembras de *A. tuberculosa* con relación a la concentración de Cadmio en gónadas durante el periodo de estudio.



Figura. 42. Variación mensual del Índice Gonadosomático en hembras y machos de *A. tuberculosa* durante el periodo de estudio.

VI.6.4. Acumulación de metales: cobre y cadmio de acuerdo al sexo

La distribución de valores de los metales (cobre y cadmio) entre organismos por sexo, se observa en la Figura 43. Esta muestra claramente que la concentración de cobre no solo es mucho mayor que la de cadmio, sino también que es más variable, por otro lado observamos que los valores entre sexos no varía mucho.

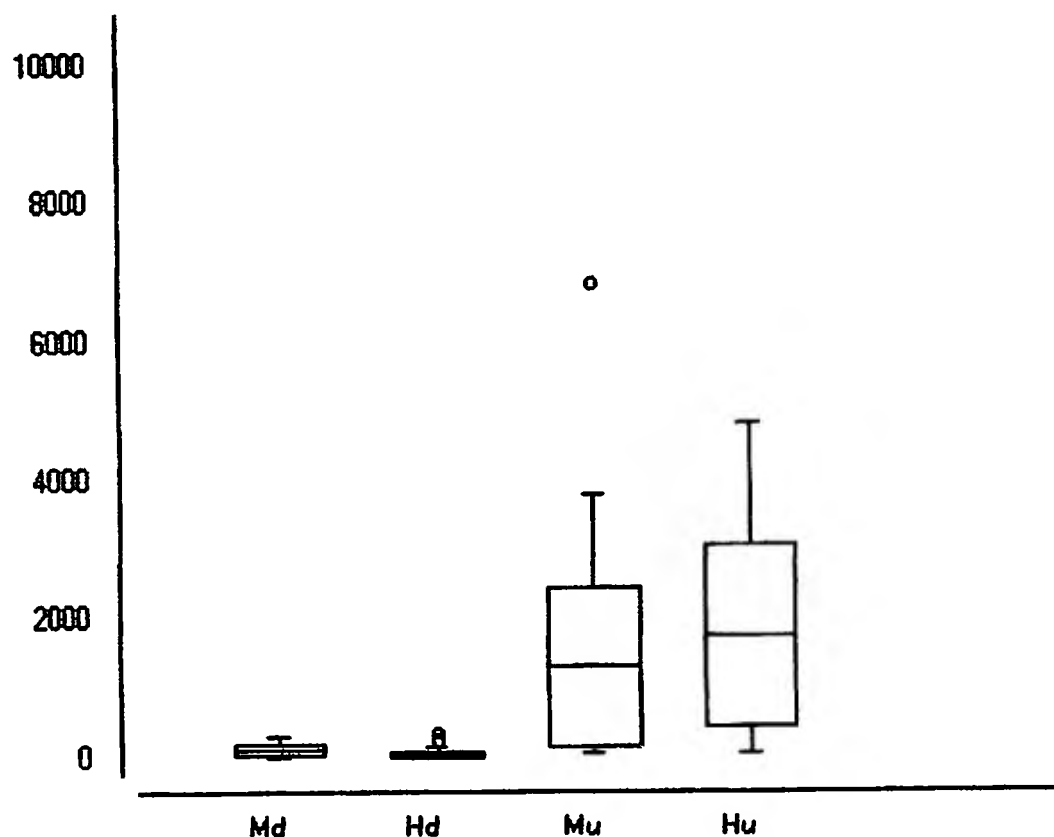


Figura. 43. Gráfica de Caja y Bigotes de la concentración de metales en organismos por sexo (Md: cadmio en machos, Hd: cadmio en hembras, Mu: cobre en machos y Hu: cobre en hembras).

De acuerdo a la correlación de Spearman, la concentración de cadmio entre organismos por sexo (hembras y machos) no muestra relación entre estos ($r = 0.2160$ $p = 0.2515$), mientras que el caso del cobre hay una correlación significativa en la concentración del metal entre sexos ($r = 0.4993$ $p = 0.0031$).

VI.7. Análisis de Sedimento

VI.7.1. Granulometría

De manera individual, el sedimento está conformado por arena, con los componentes correspondientes: arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina bien, representados, además de limo + arcilla (Fig. 44 y 45).

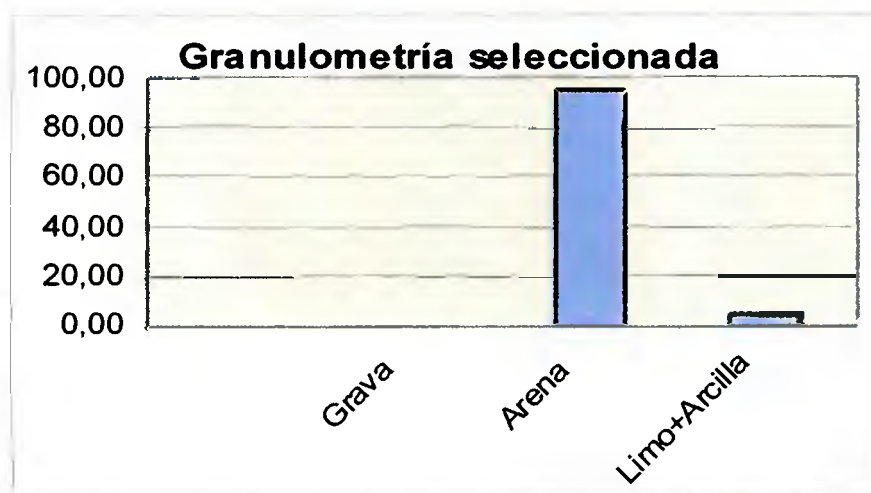


Figura. 44. Granulometría predominante en el Estero Caté.

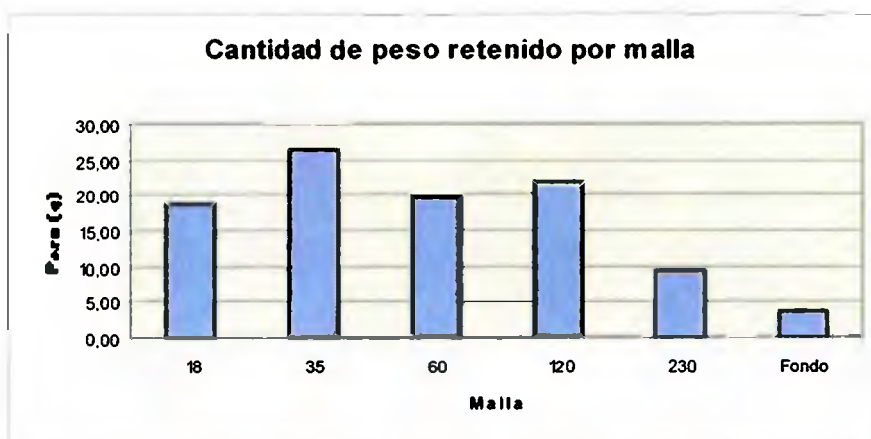


Figura. 45. Sedimento, en peso, retenido por cada tamiz.

El sedimento del Estero Caté, Golfo de Montijo no mostró variaciones horizontales (entre estaciones), ni verticales (entre la superficie y el fondo) (Fig. 46 y 47).

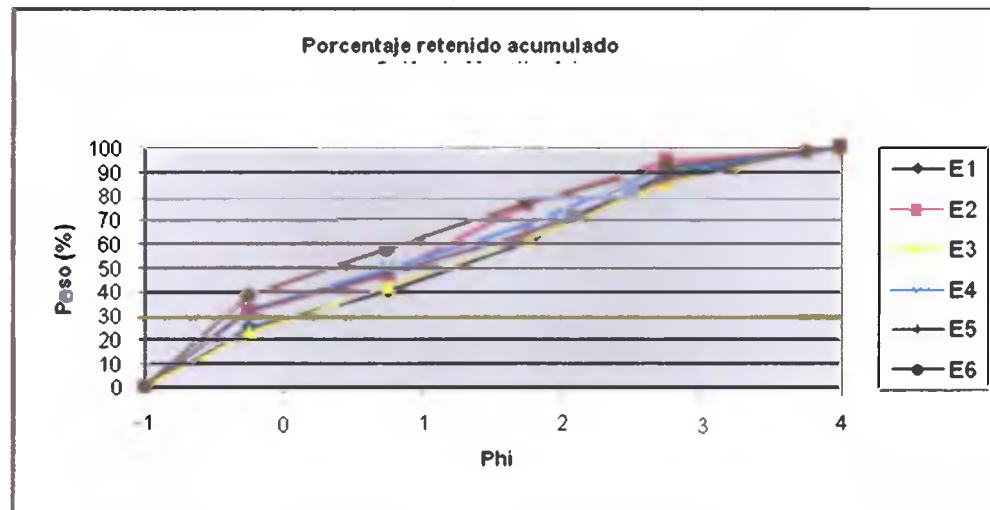


Figura. 46. Porcentaje retenido acumulado por tamiz a 5 cm y 10 cm en todas las Estaciones, en el muestreo de febrero.

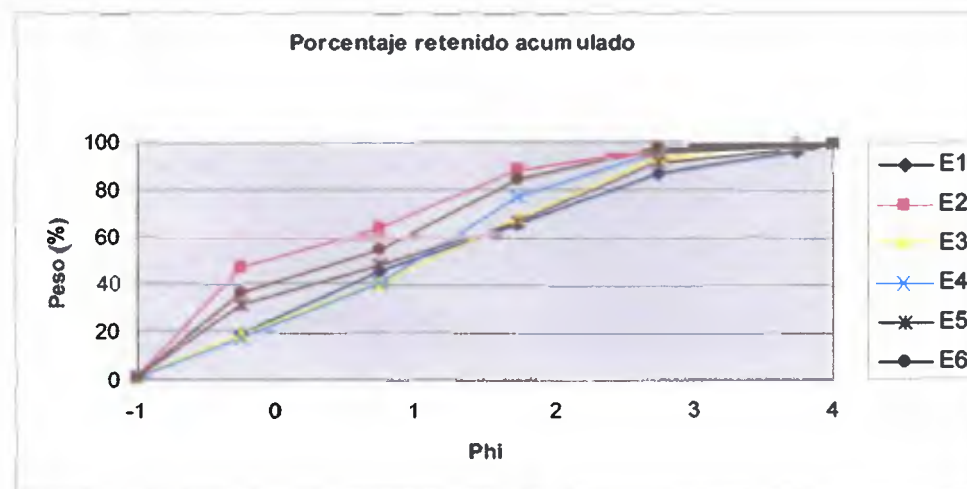


Figura. 47. Porcentaje retenido acumulado por tamiz a 5cm y 10 cm en todas las Estaciones, en el muestreo de julio.

VI.7.1.1. Estadística gráfica granulométrica

De acuerdo a los valores obtenidos a través del análisis gráfico granulométrico (Folk & Ward 1957 en Suguio 1973), el sedimento del Estero, Caté, Golfo de Montijo, es de arena media, con excepción de la Estación 2 en junio, ha sido pobremente seleccionado, con asimetría

muy negativa y platicúrtico, con excepción de la Estación 2 en ambas estaciones (Cuadro 11 y 12).

Lo anterior indica que a pesar de que el promedio del sedimento indica que es de arena media, este sedimento tiene casi igual proporción de representación de una gran amplitud granulométrica, desde arena muy gruesa a limo + arcilla, sin embargo, hay una tendencia a una mayor cantidad de sedimento fino (arena fina y muy fina).

Cuadro 11. Estadística gráfica granulométrica de las seis estaciones en febrero

Parámetros granulométricos	ESTACIÓN					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
M_z Diámetro medio	1,50	1,35	1,55	1,31	1,46	1,05
	Arena Media					
σ_1 Selección	1,42	1,38	1,45	1,40	1,47	1,34
	Pobrementemente seleccionado					
Sk_1 Asimetría	-0,72	-0,61	-0,67	-0,61	-0,68	-0,43
	Asimetría muy negativa					
K_G Curtosis	0,71 Platicúrtica	0,71 Mesocúrtica	0,72	0,70	0,67	0,78
	Platicúrtica					

Cuadro 12. Estadística gráfica granulométrica de las seis estaciones en julio

Parámetros granulométricos	ESTACIÓN					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
M_z Diámetro medio	1,51 Arena Media	0,75 Arena Gruesa	1,35	1,19	1,37	0,97
	Arena Media					
σ_1 Selección	1,42	1,23	1,28	1,13	1,40	1,12
	Pobrementemente seleccionado					
Sk_1 Asimetría	-0,57	-0,49	-0,59	-0,54	-0,70	-0,86
	Asimetría muy negativa					
K_G Curtosis	0,89 Platicúrtica	0,98 Mesocúrtica	0,77	0,84	0,68	0,74
	Platicúrtica					

VI.7.1.2. Análisis estadístico granulométrico

El análisis de varianza indica que no hay diferencia significativa en la granulometría entre estaciones, en ninguna de las dos épocas (ANDEVA $F = 0,2327$ $p = 0,9936$).

De acuerdo al análisis de comparación de proporciones de los datos por estación, entre la superficie (5 cm) y el fondo (10 cm) en términos generales el sedimento no difiere entre la superficie y el fondo en las estaciones, ni a lo largo del año, con la excepción de las Estaciones 1 y 4 en febrero, específicamente para arena media, fina y muy fina, el resto no difiere.

VI.7.1.3. Granulometría predominante

Diagrama Triangular de Sheppard modificado por (Holme & McIntyre1971), indica que el sedimento predominante se caracteriza por ser arenoso, en todas las estaciones y en ambos períodos de muestreo (Fig. 48).

Diagrama triangular de clasificación de los sedimentos

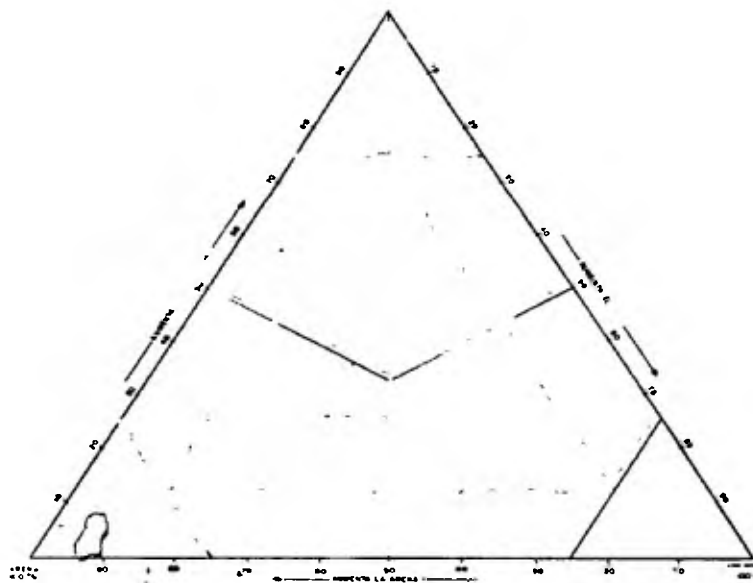


Figura. 48. Diagrama Triangular de Sheppard modificado por (Holme & McIntyre1971).

VI.7.1.4. Origen del material sedimentológico

El Diagrama Bivariado de Friedman que combina la relación de Asimetría y Selección indica que el material proviene de una zona de flujo unidireccional, en otras palabras, de una zona de canal fluvial (Fig. 49) y el Diagrama Bivariado de Friedman, el cual combina la relación de la granulometría media y la asimetría, sugiere el efecto del mar sobre el sedimento muestreado (Fig. 50).

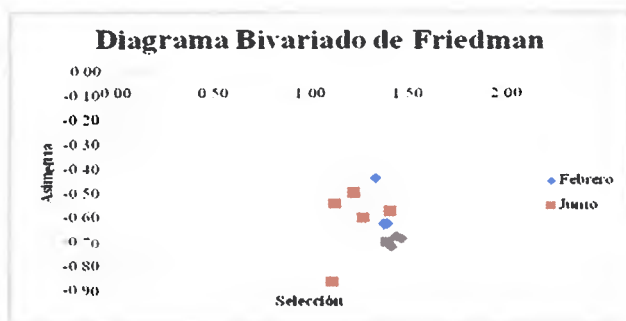


Figura. 49. Diagrama bivariado de Friedman, el cual relaciona la asimetría y la selección.

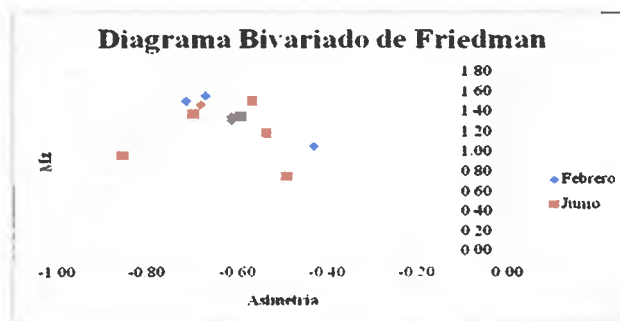


Figura. 50. Diagrama bivariado de Friedman, el cual relaciona la granulometría media y la asimetría.

VI.7.1.5. Transporte del material sedimentológico

La gráfica de Visher indica que existe prácticamente dos grupos de materiales: transportado por: Rodamiento y Suspensión (Fig. 51).

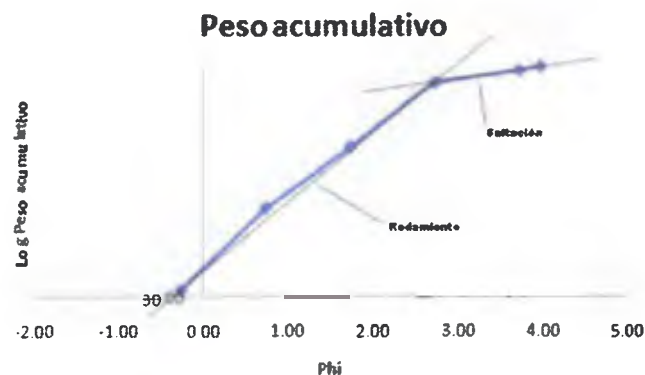


Figura. 51. Gráfica de peso retenido por malla acumulado o gráfica de Visher.

VI.7.1.6. Deposición del material sedimentológico

El Diagrama de Sahu indica que el material colectado en febrero tiene fuerte influencia de material marino, de zona costera de poca profundidad, mientras que el material de junio es claramente originado por una corriente fluvial. En el eje de “Y” muestra la raíz cuadrada de la desviación gráfica media cuadrática, mientras que en el eje “X” combina de valores de desviación estándar de las variables estadística granulométricas. El punto a la izquierda corresponde a las estaciones muestreadas en febrero, el valor en el extremo superior derecho corresponde a las estaciones muestreadas en junio (Fig. 52).

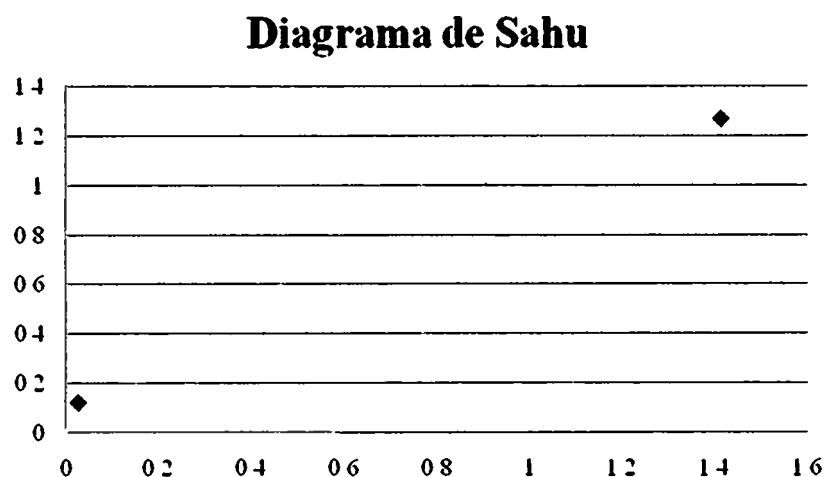


Figura. 52. Diagrama de Sahu.

VI.7.1.7. Ambiente sedimentario

El Diagrama de Passega, el cual refleja el ambiente sedimentario predominante, de acuerdo a la relación del Percentil 1 y 50, indica que el material colectado en febrero y junio ha sufrido un proceso de suspensión de fondo y rolido (Fig. 53).

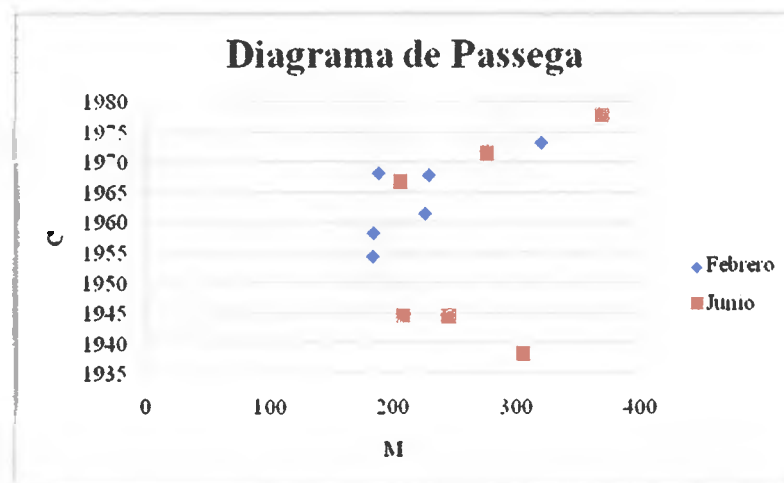


Figura. 53. Diagrama de Passega, el cual combina el Percentil 1 y Percentil 50, para determinar el ambiente sedimentario.

Los Diagramas Bivariados de Martins (2003) revelan el origen específico del sedimento, sin embargo, en este caso, ninguno de los dos diagramas muestran un origen único del sedimento recolectado; aunque indican un ambiente de característica fluvial con influencia de zona marina costera de poca energía (Fig. 54 y 55).

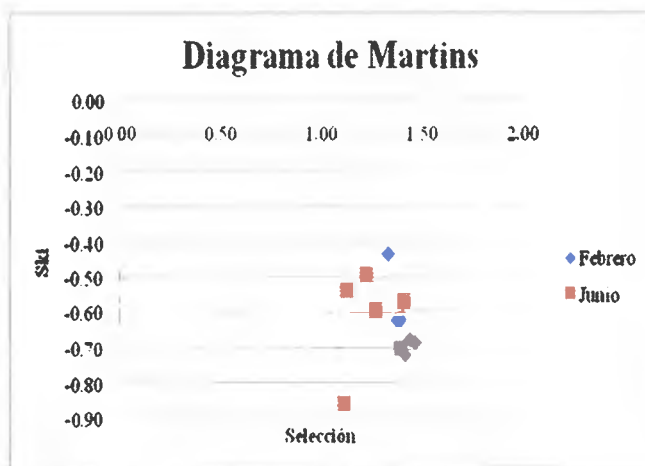


Figura. 54. Diagrama Bivariado de Martins, el cual combina la asimetría y la selección del material, para determinar el ambiente sedimentario.

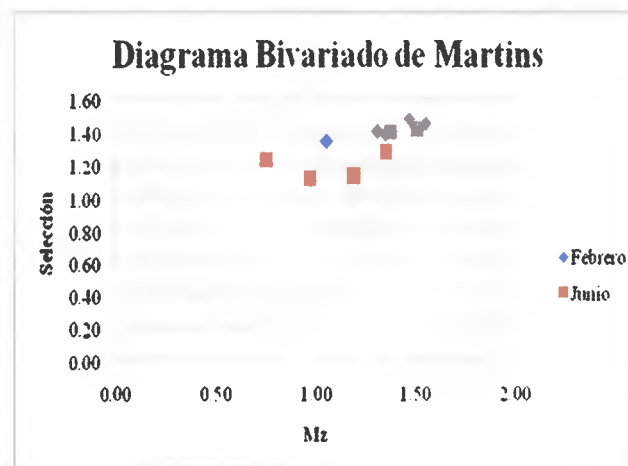


Figura. 55. Diagrama Bivariado de Martins, el cual combina la selección y la granulometría media del material, para determinar el ambiente sedimentario.

VI.8. Análisis de Metales (cobre y cadmio) en sedimentos en el Estero Caté

La prueba de Lilliefors mostró que existe normalidad en los datos de concentración de metales (cobre y Cadmio) en los sedimentos en todos los meses con excepción de Cobre en Junio y Julio, y para el Cadmio el mes de Julio, debido a la no estabilización de la varianza en cuanto a los valores de cobre y cadmio en los meses antes mencionados se decidió utilizar Estadística No Paramétrica.

VI.8.1. Metales (Cobre y Cadmio) en sedimento con respecto a los meses de colecta

Se determinó si existía diferencias significativas de las concentraciones de Cobre y Cadmio con respecto a los meses de colecta y se encontró que de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis existe diferencia significativa entre los meses de colecta para el Cobre ($H=20,8142$ $p=0,0009$), no así para el Cadmio ($H=10,9447$ $p=0,0525$).

De acuerdo a la prueba de S-N-K, existe diferencia en la concentración de cobre entre febrero y junio ($p=0.005$); marzo y junio ($p=0.013$); Abril y Junio ($p=0,001$), Mayo y Junio ($p=0.047$); entre Mayo y Julio ($p=0,020$) y entre Junio y Julio ($p=< 0,0001$). (Fig. 55).

Todos las demás comparaciones entre meses mostraron concentraciones de cobre semejantes.

VI.8.2. Metales (Cobre y Cadmio) en sedimento con respecto a las estaciones de colecta

Se determinó si existía diferencias significativas de las concentraciones de Cobre y Cadmio con respecto a las Estaciones de colecta y se encontró que en el caso del Cobre no hay diferencias significativas entre Estaciones ($H=5,9773$ $p=0,30$), mientras que el Cadmio mostró

diferencias significativas entre Estaciones ($H=11,0718$ $p<0,05$)

De acuerdo a la prueba de S-N-K, existe diferencias significativas del Cadmio entre la Estación 3 y la Estación 4 ($p=0,0035$), y entre la Estación 3 y la Estación 5 ($p=0,0185$), todas las demás comparaciones entre Estaciones mostraron concentraciones de Cadmio semejantes (Fig. 56).

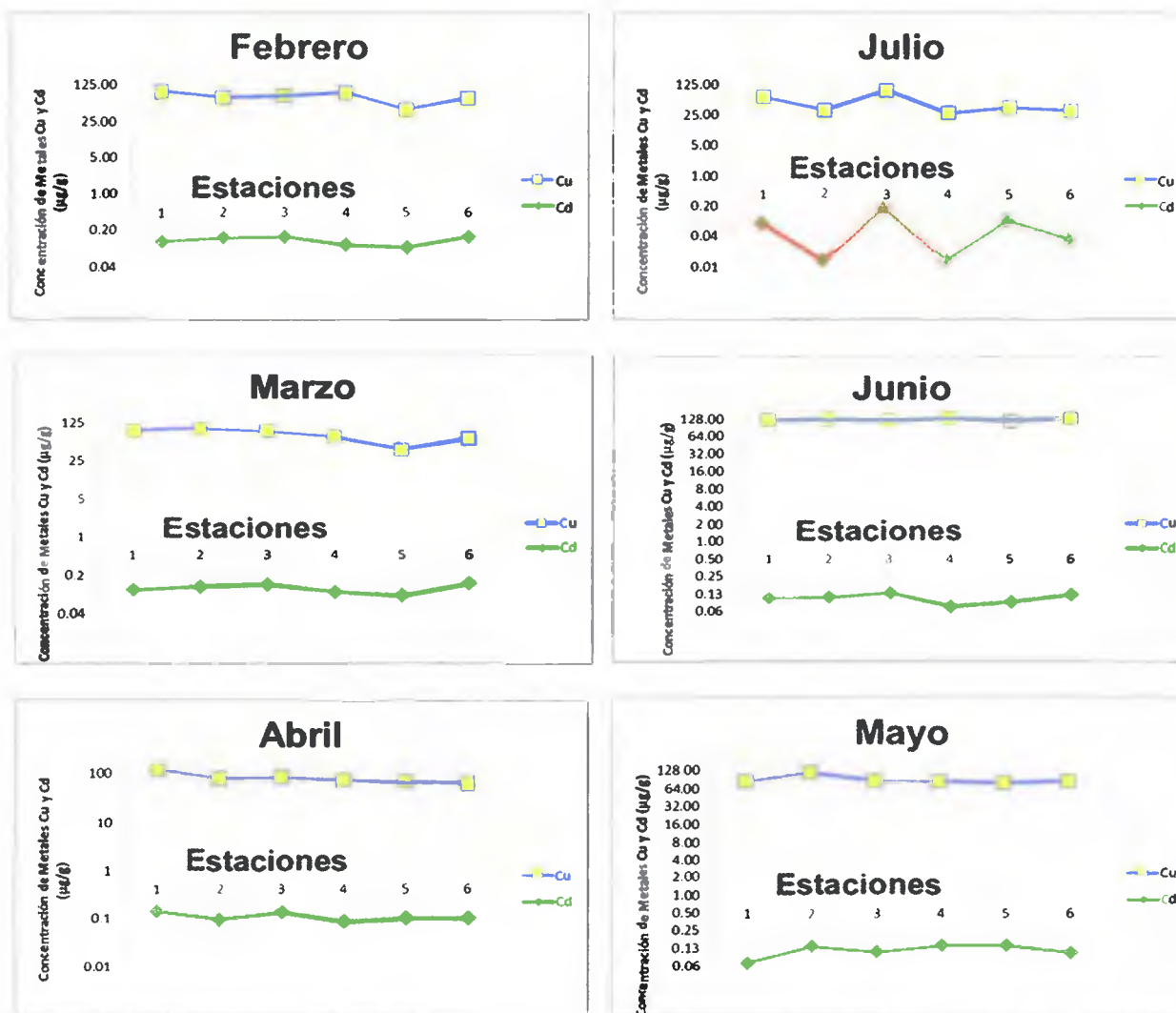


Figura. 56. Concentraciones de cadmio y cobre en sedimento de acuerdo a los meses de estudio y las estaciones de muestreo.

VI.8.3. Metales (Cobre y Cadmio) en sedimento con respecto a las variables fisico-químicas y la granulometría.

Se determinó la relación de la concentración de Cobre y Cadmio en el sedimento con variables fisico-químicas como: Salinidad, Oxígeno Disuelto, pH y variables granulométricas como Arena Muy Gruesa, Arena Gruesa, Arena Media, Arena Fina, Arena Muy Fina y Limo+Arcilla. De acuerdo a la Correlación de Spearman se encontró que existe relación de la concentración de Cobre en el suelo, directamente con: Arena Media (0,25 mm de diámetro), $r^2 = 0,8771$, $p < 0.0001$. pH: $r^2 = 0,5883$, $p = 0,0014$. Las otras combinaciones no mostraron correlación entre ellas. El Cadmio tampoco mostró correlación con ninguna variable explorada.

VI.8.4. Prueba de Análisis de conglomerado (Cluster Analysis) para metales (Cobre y Cadmio) en sedimento (Fig. 57 y 58).

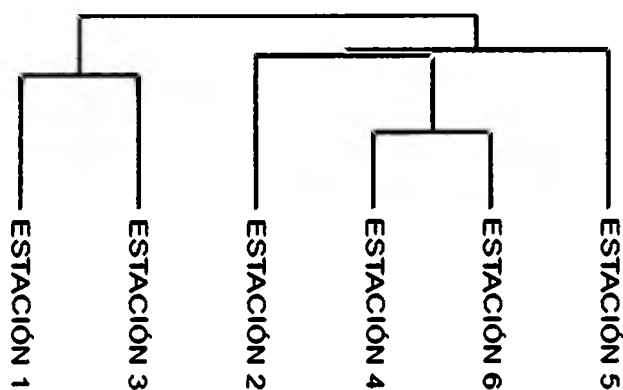


Figura. 57. El “Cluster” para el Cobre indica que las Estaciones 1 y 3 son más similares, caso semejante ocurre entre las estaciones 4 y 6; mientras que la Estación 2 y 5 son diferentes a todas las demás.

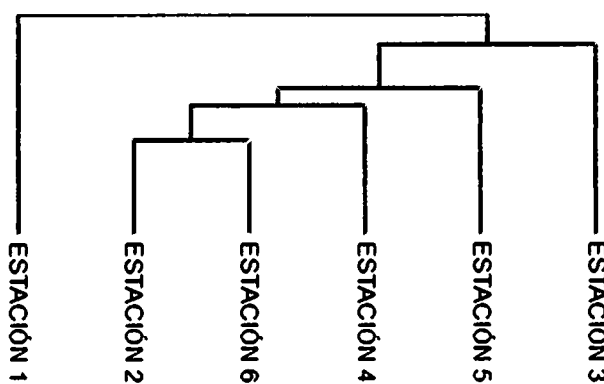


Figura. 58. El “Cluster” para el Cadmio indica que las Estaciones 2 y 6 son las más similares, mientras que la Estación 1 es diferente a todas las demás.

VI.8.5. Concentración de metales (cobre y cadmio) en sedimentos entre épocas seca e intermedia lluviosa.

Se aplicó la prueba "U de Mann Whitney" para determinar si existía diferencias de la concentración de metales entre las épocas seca e intermedia lluviosa, el resultado indicó que no existen diferencias significativas de la concentración de metales en sedimento entre las dos épocas, para ninguno de los dos metales (Cobre: $U = 156$, $p = 0,8494$; Cadmio: $U = 109$, $p = 0,0936$), (Fig. 59).



Figura. 59. Concentración de cobre y cadmio en sedimento de acuerdo a la temporada seca e intermedia lluviosa.

VI.9. Relación de la concentración de metales (cobre y cadmio) entre los sedimentos y *A. tuberculosa*.

La prueba de Correlación de Spearman entre la concentración de cobre en el sedimento y los organismos indicó que no existe relación entre ambas ($r = 0,2188$ $p > 0.05$), ni entre cadmio del sedimento y los organismos ($r = -0,2293$ $p > 0.05$).

VII. Discusión

VII.1. Parámetros físico/químicos

En el Estero Caté la temperatura máxima registrada fue de 32° C para el mes de abril, y mínima para mayo con 27° C. Dicha temperatura máxima concuerda con la reportada por Amores (2008), para el mismo mes de 32° C en luna llena en las localidades de Isla Verde, Perdomo, Surrone, Trinchera y Piñas, Golfo de Montijo, en su estudio sobre la Composición y Abundancia taxonómica del Ictioplancton en el Golfo de Montijo, República de Panamá, este mismo autor informó temperaturas máximas en luna nueva, entre 30 y 31 ° C también para el mes de abril en las mismas localidades, mientras que las temperaturas más bajas las encontró en luna llena en el mes de junio con fluctuaciones entre 28 y 29 ° C y en luna nueva para los meses de mayo y julio también con valores de 28 y 29 ° C respectivamente. Castillo (2008), en su Investigación sobre la Estructura Poblacional y Patrón Reproductivo de los Camarones Peneidos y su relación con los factores físicos – químicos, comparando dos Áreas (Parte Media, y Parte Externa), en el Golfo de Montijo, encontró en la parte Media (Trinchera) mayor temperatura en el mes de mayo con 29.6° C y mínima de 27.2° C en octubre, en tanto que en la parte Externa (Hicaco), la temperatura máxima en julio con 34.6° C y menor en noviembre con un valor de 26.8° C

En la Evaluación Biológica de *Anadora tuberculosa*, (Golfo de Montijo, República de Panamá, Jordán & Gómez (2006) reportaron valores de temperaturas que fluctuaron entre 27.5° C y 30° C, similares a las reportadas para Mariato, Golfo de Montijo, Panamá, Rodríguez & González (1995).

En cuanto a la salinidad para Caté la concentración más alta se presentaron en abril con un valor de 29.7 ups y más bajo en julio el cual fue de 11.5 ups, esto difiere de lo encontrado por Amores (2008), para Isla Verde, Perdomo y Surrone con fluctuaciones entre 19 y 22 ups y en Trinchera y Piñas con variaciones entre 13 a 18 ups; Castillo (2008), reportó salinidades para la parte media del Golfo de Montijo (Trinchera) con un valor máximo para marzo con 24.4 ups y menor en octubre con 5.7 ups, mientras que para la parte externa del Golfo (Hicaco) la salinidades fluctuaron entre 10.3 a 27.4 ups. Quijano & Vega (2000), para Isla Coiba informaron un máximo de salinidad para el mes de abril con 31.1 ups y mínimos de 19.5 ups en julio y 13.4 ups en septiembre, un patrón similar al encontrado en la presente investigación.

Quijano & Vega (2000), en su estudio sobre la estructura de talla, Reproducción y Biometría de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Parque Nacional Coiba reportaron una temperatura máxima de 33.6 °C, semejante a la obtenida para Caté y una mínima en julio con 26.6° C.

El oxígeno disuelto presentó los niveles más altos en el mes de julio con 6.13 mg / y los más bajos en marzo con 4.12 mg /l, Amores (2008), encontró una constante para todos los sitios de muestreo con niveles entre los 3 y 5 mg / l, en tanto que Castillo (2008) en Trinchera reportó fluctuaciones generales entre los 3.3 a 4.5 mg/l, mientras que para Hicaco obtuvo valores máximos también para el mes de julio de 6.58 mg/l y mínimo en agosto con 4.34 mg/l, estos valores son similares a los informados para el Estero Caté.

Según Vega (2004) los ámbitos de variación de temperatura indican que están entre 25.8° C y 30.6° C con un promedio anual de 28.39° C, donde los valores mínimos estuvieron asociados a la temporada lluviosa. La salinidad registra un promedio anual de 21.13 ups con un máximo durante la temporada seca (enero- febrero) de 31.2 ups. El oxígeno disuelto presenta un ámbito de variación de 3.3 mg /l a 7.55 mg/l con un promedio anual 4.88 mg/l. El Golfo de Montijo refleja un aumento de turbidez para los meses lluviosos y la presencia de aguas más claras hacia los meses de temporada seca. Horizontalmente, las aguas internas del sistema son más turbias que las externas. Todo este comportamiento está asociado al patrón de lluvias y descargas de los ríos, los cuales, al aumentar su caudal provocan un aumento de la materia en suspensión, aumentando la turbidez y afectando la penetración de los rayos de luz.

Para Caté los promedios de temperaturas, salinidad y oxígeno disuelto oscilaron entre 28.58 °C, 19.58 ups y 5.24 mg/l respectivamente, un patrón promedio bastante semejante al comunicado por Vega (2004) para el Golfo de Montijo en general.

Los niveles de pH fluctuaron entre 6.7 y 7.2 con valores más bajos en el mes de febrero y más altos en el mes de julio respectivamente. Riba et al (2003), reportaron valores de pH de 6.5, 7.5 y 8.5 en Ría de Huelva y el Estuario de Guadalquivir España.

Todos los parámetros parecen mantenerse estables durante el estudio salvo la salinidad, donde se registraron cambios significativos durante la temporada seca y lluviosa, probablemente por el aporte de precipitación en el área.

VII.2. Características Morfométricas, Reproductivas y Metales en *Anadara tuberculosa*

VII.2.1. Biometría

VII.2.1.1. Crecimiento y Distribución de Tallas

Según los resultados del desplazamiento modal y la diferencias entre las medianas indicó que *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté creció en promedio 4.77 mm por mes. Estudios sobre la tasas de crecimiento de *Anadara tuberculosa*, en Colombia revelaron que la piangua crece aproximadamente 1 mm por mes en tallas precomerciales y comerciales (32-46 mm) (Squires et al 1975). Villalobos & Báez (1983) argumentaron que la piangua alcanza, en promedio, 20 mm de longitud en el primer año de vida (1.8 mm/mes, aproximadamente), tasa que se reduce a la mitad (0.9 mm/mes) en el segundo año; Además que las diferencias en los incrementos en longitud de la concha, se han relacionado con periodos de mayor filtración de los individuos en la plataforma. Cruz (1982) señala que esta especie aumenta rápidamente el tamaño y grosor de la valva, posiblemente a que requiere cada vez mayor protección contra la acidez del medio en el cual vive.

Baqueiro et al (1982), en su análisis de una población de Pata de Mula (*Anadara tuberculosa*) sujeta a explotación intensiva en la Bahía de la Paz, Baja California Sur de México, encontraron un crecimiento en los juveniles de 4 a 6 mm al mes, el cual disminuyó en los organismos mayores a 2 mm al mes.

Villalobos & Báez (1983), encontraron para ejemplares de la piangua una tasa de crecimiento de 0.19 mm/mes, 0.12 mm/mes y 0.03 mm/mes para longitudes promedios de 37.3 mm, 47.7 mm y 57.8 mm, respectivamente. Con base en estos estudios se puede extrapolar que la piangua alcanza el tamaño comercial (47mm), FAO (1988b), aproximadamente a los tres años (Vega 1994).

Este rápido crecimiento convierte a la concha negra en el recurso renovable comercial más importante y versátil de los bosques de manglar, pues produce una gran cantidad de biomasa en corto tiempo y soporta una alta tasa de extracción sin correr peligro de sobreexplotación. Por ello puede considerarse como la forma más palpable de conversión y transferencia de energía del ecosistema de manglar hacia eslabones superiores de las cadenas alimentarias; con gran valor como fuente de proteínas y recurso económico para sus habitantes (Campos et al 1990; Vega 1994).

En otros árcidos se ha realizado de igual forma investigaciones para esclarecer aspectos sobre el crecimiento (Broom 1985). Además se reconoce que factores como la marea baja y la densidad de la población, entre otros, tienen fuerte influencia sobre las tasas de crecimiento de estos moluscos (Broom 1982b, 1983b & 1985).

Se estima que *A. granosa* crece de 4 a 5 mm en seis meses, para tallas inferiores a 8 mm de longitud antero-posterior (Broom 1982b). El mismo autor (1985) indica que esta especie crece, en el primer año de vida entre 1.5-4.6 mm por mes. Otros autores citados por Broom (1985) comunican un crecimiento aproximado de 2.5 mm por mes lo cual implica, que en el primer año,

esta especie puede alcanzar los 30 mm de longitud total. Para el segundo año, Narasimham (1969) en Broom (1985) encontró que *A. granosa* crece a razón de 1.5 mm por mes, con lo que alcanzaría tallas de aproximadamente 50 mm de longitud total al finalizar el segundo año. Cruz (1986) comunicó que *A. grandis* crece en los primeros 9 meses 10.54 ± 0.91 mm/mes, 2.94 ± 0.80 mm/mes en los siguientes siete meses y 0.36 ± 0.26 mm/mes en los restantes meses.

En cuanto a la estructura de tallas la longitud promedio obtenida de 53.64 mm (± 8.22) para *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo, fue mayor a la registrada por Quijano & Vega (2000), a la de Silva & Bonilla (2001), quienes reportaron un promedio de 43.3 mm respectivamente; a la de Mendoza (2002), que fue de 48.89 mm; a la de Borda & Cruz (2004), con una talla promedio de captura de 47.6 mm; a la de Jordán & Gómez (2006), quienes obtuvieron un promedio de 48.08 mm; Mora & Moreno (2007), con una talla media de 42.31 mm y Mora & Moreno (2009), quienes reportaron una longitud media que osciló entre 40-44 mm. La variación en la distribución de las tallas puede ser producto del efecto directo de la extracción mensual de los organismos para la realización de este estudio. El aumento mínimo de tallas máximas que comprende de 65mm a 72 mm en los meses de junio y julio puede ser debido a la aparición de las primeras lluvias que acarrearán nutrientes al sistema estuarino, lo que resulta en una mayor abundancia y disponibilidad de alimento (Cruz 1982).

Para la especie *Anadara similis* Silva y Bonilla (2001), en el Manglar de Purruja, Golfo Dulce Costa Rica, reportaron una talla promedio de 42.8 mm; Mora & Moreno (2007), en las Principales Áreas de Extracción de la Costa Ecuatoriana obtuvieron una talla media de 43.89 mm; en tanto que en el Informe sobre el Estado de Pesquería del Recurso Concha en la Costa

Ecuatoriana, encontraron una longitud media entre los 45-49 mm (Mora & Moreno 2009).

Para proyectos de manejo y de cultivo es prioritario conocer las tasas de crecimiento y la distribución de tallas, por lo que es indispensable obtener semilla del medio natural o por inducción del desove en el laboratorio para la determinación directa de dichos factores. Por otro lado en Panamá no existe legislación que regule el tamaño comercial de *A. tuberculosa*, lo cual constituye un factor limitante para su uso sostenible; mientras que en Costa Rica ha sido fijado en 47 mm (FAO 1988b) y para Ecuador en 45 mm (Mora & Moreno 2007).

VII.2.1.2. Relación peso, ancho y altura con la talla.

Los resultados de la relación peso, ancho, altura con la talla concuerdan con lo encontrados por Cruz & Palacios (1983) y Mendoza (2002), donde se muestra que conforme aumenta la longitud se incrementa proporcionalmente el peso, la anchura y la altura.

VII.2.2. REPRODUCCIÓN

VII.2.2.1. Diferenciación sexual

Anadara tuberculosa presentó un carácter dioico (presenta sexos separados), concordando con lo reportado por Ampie & Cruz (1989); Benavides & Carrión (2001); Maldonado (2005); Borda & Cruz (2004). Otras especies de bivalvos como *Protothaca asperrima*, *Protothaca grata*, *Saccostrea palmula*, se presentan como organismos dioicos. (Pizarro & Cruz, 1986; Palacios et. al 1986; López et. al, 2002; Cabrera et.al, 2001; Benavides & Carrión, 2001). *A. tuberculosa* tampoco presenta dimorfismo sexual externo en relación al largo

y peso de la concha (Cruz & Palacios 1983), por lo que para reconocer el sexo hay que sacrificar al animal, ya que al igual que en otros árcidos la coloración de la gónada es un carácter distintivo entre machos y hembras (Cruz 1984 a & b). En individuos sexualmente maduros el color de la gónada de *A. tuberculosa*, en machos es blanquecino y de consistencia pegajosa y en las hembras es de apariencia granular y de color anaranjado (Cruz 1984a).

La proporción sexual presentada de hembras para machos en esta especie en el Estero Caté fue de 1:1, dicha proporción de sexos concuerda con la relación 1:1 determinada por algunos investigadores en Panamá (Rodríguez & González 1995; Quijano & Vega 2000; Jordán & Gómez 2006); en Costa Rica (Cruz 1984^a; Ampie & Cruz 1989; Vega 1994; Silva & Bonilla 2001). Pero difiere de lo reportado por Mendoza (2002), para los Manglares de Puerto Pizarro-Tumbes quien obtuvo una proporción sexual de hembras: machos de 1.66: 1. En las Principales Áreas de Extracción de la Costa Ecuatoriana se reportó que en el estado poblacional la concha macho de *A. tuberculosa* en su hábitat, está en mayor proporción que la concha macho de *A. similis*, en una relación de 3.5: 1 a 4: 1 (Mora & Moreno 2007).

VII.2.2.2. Estadios de Maduración

Los ciclos reproductivos de los moluscos, pueden ser estudiados mediante diferentes metodologías como el diámetro de los ovocitos mediante serie de histogramas y el análisis histológico o frotis de la gónada (Palacios et al 1986; Pizarro & Cruz 1986; Gómez & Villalobos 1988; Vega 1994, Rodríguez & González 1995; Solano et al 1997; Quijano & Vega 2000; Cabrera et al 2001 Borda & Cruz 2004; Maldonado 2005; García et al 2008;). Estos métodos son

muy utilizados en moluscos, ya que reflejan adecuadamente el ciclo reproductivo (Garwood 1987, Gustafson et al., 1987, Palacios et al., 1986, Pizarro & Cruz 1987, Vega 1994). Respecto al diámetro de los ovocitos se argumenta que el incremento de la vitelogénesis aumenta el diámetro de los ovocitos y los mismos son expulsados a presentar suficiente material de reserva y por ende el mayor diámetro (Pizarro & Cruz 1987, Vega 1994). Por lo que después de un valor máximo en el diámetro de los ovocitos, que indica máxima madurez, se presenta un desove, quedando en la gónada algunos ovocitos maduros y otros en desarrollo de menor tamaño (Yoloye 1974).

En el caso de nuestro estudio para determinar el ciclo reproductivo de *A. tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo, se utilizó el análisis histológico o frotis de la gónada, según el método de Charles (1972) y Gómez & Villalaz (1988), donde se clasificó la madurez de las gónadas en base a una escala de cuatro etapas reproductivas (Indeterminado, Desarrollo, Desove y Reabsorción) (Figuras: 13, 14, 15, 16, 17, 18,19). Los mayores organismos en estado indiferenciado en el Estero Caté se encontraron en los meses de abril a junio; el estado de desarrollo en los meses de marzo, abril y mayo; los desoves más altos en febrero-abril y uno menor en julio y la mayor reabsorción en los meses de marzo, junio y julio (Fig. 12).

La madurez sexual para *Anadara tuberculosa* ha sido registrada entre los 23.2 - 26.2 mm de longitud (Ampie & Cruz 1989), lo cual nos indica que los individuos capturados en este estudio ya han alcanzado una madurez sexual debido a que las tallas están por encima de estos ámbitos como se muestra en la figura 11.

También se ha determinado a través de estudios de estadios de desarrollo gonadal, al utilizar escalas de madurez sexual, que van desde el estadio de indeterminado hasta el estadio de máxima madurez y desove (Cruz 1984a, Quijano & Vega 2000). Se sabe que el índice de condición, a pesar de no usarse como método para medir ciclo reproductivo, varía de acuerdo a la maduración gonádica y que una disminución en este puede ser por el efecto del desove (Cruz 1982; Palacios et al 1986). Es por esto que algunos autores utilizan el índice de condición para establecer ciclos reproductivos; mientras que otros utilizan la coloración de la gónada (Cruz 1984 a & b).

VII.2.2.3. Desoves

Diversos trabajos realizados para especies del género *Anadara* sobre el comportamiento de reproducción, indican que en los trópicos estos moluscos presentan desoves continuos durante todo el año; ya que los resultados han señalado organismos maduros o en proceso de maduración durante todo el periodo de estudio y que estos eventos pueden estar influidos por la temporada de lluvias, la salinidad y las temperaturas (Cruz 1984; Vega 1994; Quijano & Vega 2000; Benavides y Carrión 2001; Borda & Cruz 2004; Maldonado 2006; García et al 2008); lo cual también se evidencia en otros moluscos como son *Protothaca asperrima* (Palacios et al 1986), *Pinctada mazatlantica* (Solano 1979) y *Saccostrea palmula* (Cabrera 2001).

Giese & Pearse (1979) señalan reproductivamente que en los pelecípodos el ciclo gametogénico puede ocurrir en poblaciones de una-especie en forma anual, semianual o continuo. El tiempo, duración y el número de ciclo dentro de un año puede ser característico de

poblaciones específicas; además pueden variar en poblaciones de una especie que se localizan en diferentes partes de la extensión geográfica.

De acuerdo a nuestros resultados a lo largo del periodo de este estudio, *A. tuberculosa* en el estero Caté mostró un periodo de desove continuo, lo cual concuerda con lo encontrado por Rodríguez & González (1995) en el Golfo de Montijo y Quijano & Vega (2000) en Isla Coiba, quienes señalaron que en los trópicos, los invertebrados se caracterizan por tener desoves prolongados a lo largo del año. Los mayores individuos desovados se obtuvieron en los meses de febrero, sobre todo en abril y en julio (Fig. 20). En el caso del mes de febrero, concuerda con lo expuesto por Rodríguez & González (1995), en el Manglar de Diáfara, Golfo de Montijo, Panamá y Borda & Cruz (2004), en Colombia. En cuanto al desove acentuado en el mes de abril; Baqueiro et al (1982) informó porcentajes elevados de desove para el mes de abril en Bahía de la Paz, Golfo de California, México; mientras que Vega (1994) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas Costa Rica, reportó picos de desove en abril-mayo; en tanto que Quijano & Vega (2000) también reportaron un pico de desove para este mes, al igual que para el mes de julio, en Isla Coiba. No ocurrió un periodo masivo de desove para esta especie a lo largo de toda su distribución, esto puede ser efecto de las condiciones propias de cada región, ya que, autores como Quijano & Vega (2000); Borda & Cruz (2004) y García - Céspedes et al (2008) informaron picos de desove diferentes cada uno.

En el Estero Caté no se encontró una relación entre la temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto y pH con los desoves de esta especie en este estudio, pues estos parámetros con excepción de la salinidad no mostraron grandes ámbitos de variación; en este sentido García -

Céspedes et al (2008) reportó una relación similar. Castillo (2008), en su trabajo sobre la estructura poblacional y patrón reproductivo de los camarones peneidos y su relación con los factores físicos - químicos, comparando dos áreas (Parte Media y Parte Externa) en el Golfo de Montijo, Veraguas, Panamá no encontró relación entre los factores físicos - químicos y el Patrón Reproductivo de los Camarones Peneidos.

Otros autores como Ábrego & Gómez (2001), sugieren un mecanismo genético que controla la reproducción; debido a que ésta especie posee actividad reproductiva continua es muy probable que esto sea consecuencia de un comportamiento casi exclusivamente regido por mecanismos genéticos-reproductivos; en este sentido Villalaz & Gómez (1989), postularon la tesis de un reloj biológico reproductivo no influenciado por variaciones externas del alimento. En consecuencia se puede afirmar que los tradicionales factores exógenos del hábitat solo reflejarían su influencia en condiciones extremas, cuyos valores saltarían fuera de los rangos normales. La marcada estabilidad de los manglares tropicales puede haber creado un mecanismo para que en las especies del género *Anadara*, se marque una continua maduración a través de todo el año, lo que se reflejaría en una conducta reproductiva marcada genéticamente y que sólo los valores extremos en los factores exógenos podrían sustentar los casos de influencia sobre los especímenes como el desove y que quizás esto sea el mecanismo de defensa de la especie para sobrevivir (Ábrego & Gómez 2001).

En general se puede argumentar respecto a los estudios reproductivos de los árcidos en áreas tropicales, que presentan actividad reproductiva continua a través de todo el año con marcados picos reproductivos; tal es el caso de *Anadara tuberculosa*; *Anadara similis* y *A.*

grandis (Cruz 1984a y b; Cruz 1987b, Fournier & De la Cruz 1987, Vega 1994; Rodríguez & González 1995, Quijano & Vega 2000).

VII.2.3. Metales (Cobre y Cadmio) en Gónadas de *Anadara tuberculosa* en el Estero Caté, Golfo de Montijo

Las sustancias metálicas son fácilmente acumulables en los ecosistemas de marismas y su impacto ambiental en algunos casos complejo de prever; el mayor peligro reside no sólo en la contaminación, sino en su incorporación a la red trófica estuarina, en su magnificación y bioacumulación en los organismos y en la dificultad para su eliminación (Luque et al 1998).

En particular, las concentraciones de cobre y cadmio halladas en este estudio, fueron inferiores a los límites internacionales establecidos (FAO en Nauen 1983, FDA 2001 y el Departamento de salud de Australia) (cuadro 7); por lo que responderían a valores esperados acorde a sus necesidades ecológicas y actividades metabólicas, si se considera que el cobre y el cadmio son elementos esencial y no esencial respectivamente (Gutiérrez & Galindo et al 1990) por estar ligado a importantes funciones fisiológicas.

Sin embargo, la ley orgánica del ambiente venezolana resalta que la detección de metales como el cobre, tanto en ambientes acuáticos, como en los tejidos de organismos marinos de consumo humano indican contaminación (Castillo et al 2005). Ruiz et al (2001), señalan que la sola presencia de contaminantes en un sitio es un indicador fuerte de actividad antrópica y por ende de contaminación; además la mayoría de estos compuestos no son de ningún modo capaces

de ser sintetizados por la naturaleza y de una u otra forma pueden ser bioacumulados por los organismos a través del tiempo.

Durán et al (2004) para la misma especie, en estudio de campo en Isla Tamborcillo determinó una concentración de cobre máxima de $1.29 \mu\text{g/g}$ húmedo para la gónada de ejemplares de $47.08 \text{ mm} \pm 1.12$ durante seis meses concluyendo que los valores de cobre no afectaban a condición reproductiva. Estos valores son menores que los reportados en este estudio, pero coincide con los resultados histológicos, donde se observa que no existe un efecto negativo en el tejido reproductor; por otra parte estudios de cadmio en gónadas de *A. tuberculosa* en Panamá no han sido reportados, por ello no es posible correlacionar nuestros resultados de cadmio. Castillo et al (2005), reportaron valores máximo de cobre en gónadas del mejillón marrón *Perna perna* de $6.61 \mu\text{g/g}$; mientras que de cadmio el mayor valor fue de $2.51 \mu\text{g/g}$, que son mayores a los reportados en el presente estudio; y a la vez superan la mayoría de los límites máximos permisibles de estos metales establecidos para tejidos en moluscos.

El cadmio y el cobre pueden ser acumulados directamente de los sedimentos y agua de mar, especialmente en los organismos marinos, los cuales utilizan sus tejidos branquiales y pared corporal como la ruta principal en la ingesta de nutrientes (Fuentes & Gómez 2000). Los metales al no ser química ni biológicamente degradables se acumulan en los tejidos viscerales, lo que representa un peligro para las comunidades humanas que los incluyen dentro de su dieta, especialmente las comunidades cercanas al área de contaminación de metales trazas (Duran et al 2004).

Según campos (1997), el acúmulo de metales en los animales son atribuidos a un sistema de transporte activo y puede ser influido indirectamente por el metabolismo de éstos. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (Scelzo 1997).

En la biota marina, la acumulación de cobre se relaciona con las concentraciones en agua y sedimentos marinos, pero independiente de la posición del organismo en la red trófica (Fuentes & Gómez 2000). A pesar que el cobre presenta un comportamiento de nutriente y papel catalítico para muchos sistemas enzimáticos, se ha comprobado su toxicidad y efectos mortales cuando sus niveles aumentan en el ambiente; dicha toxicidad parece resultar de su interacción con las membranas celulares, las cuales son lábiles a los procesos lipoperoxidativos. El incremento en formación de radicales libres y la peroxidación puede conllevar a un estrés celular severo (Durán et al 2004).

Un ejemplo de los efectos de las altas concentraciones de Cu en las larvas de camarón, además de mortalidad en los organismos, son la inhibición de la muda y malformaciones, especialmente en la setación de los apéndices y furca caudal, cuyas espinas no logran expandirse totalmente y son deformes (Scelzo 1997).

La biodisponibilidad del metal va a depender de su forma química la cual a su vez es controlada por variables ambientales tales como: pH, oxígeno disuelto, potencial redox, salinidad, presencia de material particulado y orgánico, especiación metálica, etc. Las

transformaciones entre las diferentes formas químicas son inducidas por cambios en estas variables (Landner & Beijer 1980).

El Cadmio es conocido por tener propiedades carcinógenas, teratogénicas y probablemente mutagénicas y se ha asociado a varios efectos de deterioro en peces y vida silvestre; cuando sus concentraciones aumentan es tóxico para todas las formas de vida, como microorganismos, plantas, animales y el hombre (Eisler 2000; Quilodrán 2002); por lo tanto, se considera importante cuantificar las entradas antropogénicas que permanecen disueltas en el mar, así como la forma química que se presenta en agua y sedimentos. Su estado de oxidación en ambientes considerados naturales es Cd (II) y no se afecta directamente por las condiciones redox. Por otro lado, es muy afín con los iones cloruro (Cl) lo que le permite formar complejos orgánicos. El cadmio es incorporado a través de las branquias o por absorción por la membrana celular con variación del tejido donde se acumula de un organismo a otro (Fuentes & Gómez 2000).

La concentración del cadmio puede afectar la capacidad metabólica mitocondrial del organismo, uniéndose a enzimas específicas lo que genera un efecto crónico que se puede detectar a través de la tasa respiratoria y de la excreción: por disminución del consumo de oxígeno y la excreción de amonio (Navárez et al 2005). Castañé et al (2003) señalan que el cadmio interacciona con el metabolismo del calcio en los animales sobre todo al inhibir la captación de calcio a partir del agua y que también se han notificado efectos subletales en el crecimiento y la reproducción de invertebrados acuáticos, así como modificaciones en las branquias.

Entre los efectos nocivos biológicos que se pueden observar en los organismos marinos debido a la contaminación por metales como cobre y cadmio tenemos los cambios de comportamiento, alteraciones en los procesos biológicos, en el ciclo vital y efectos genéticos (Scelzo 1997). Los efectos en las gónadas femeninas incluyen cambios en su forma, evidente plasmolisis, cambios en el tamaño del folículo, pérdida del núcleo, deformación y disminución de las células y desmembramiento de las paredes; mientras que en los machos se observa dispersión de los paquetes de los espermatozoides, folículos deformados, tejido colateral disperso, material difuso e indicios de regresión gonádica. El diámetro de los ovocitos obtenidos para *Anadara tuberculosa* en ambientes no contaminados (controles) se determinaron promedios de 40-45 μ (Aparicio y Cano 2004).

La afinidad de los elementos metálicos por las diversas especies estaría asociada además de la dieta alimentaria, al estado metabólico de las mismas. Estas fluctuaciones en el contenido metálico estarían condicionadas por la variabilidad ambiental natural relacionada entre otros factores a las características del hábitat, la disponibilidad del alimento, tamaño, edad del organismo, y la variabilidad estacional que condicionaría el estado fisiológico de la especie y los factores históricos de vida como la migración y reproducción (Ward & Correll 1992). Las diferencias entre tejidos se relacionan con la capacidad de cada uno de inducir la síntesis de proteínas que fijen los metales, las mayores concentraciones se encuentran en el hígado, donde hay una gran cantidad de estas proteínas (Ecotropía 2003).

VII.2.3.1. Concentración de Cobre y Cadmio en Gónadas con respecto a las Épocas de Estudio.

Se dio una diferencia altamente significativa en la concentración de cobre y cadmio entre las dos épocas del año (seca e intermedia lluviosa), por lo que se encontró mayores concentraciones de metales en las gónadas de *A. tuberculosa* en la temporada intermedia – lluviosa, cuando hubo grandes aportes fluviales y salinidades bajas; esto concuerda con lo informado por Durán & Gómez (2001) y Durán et al (2004), quienes comunicaron mayores concentraciones de metales en los tejidos de *A. tuberculosa* durante la época lluviosa cuando hubo considerables aportes fluviales y baja salinidad, con respecto a la época seca; Lakshmanan & Bhat (1983), argumentaron que en la época de baja salinidades es más probable un incremento en la cantidad de especies iónicas de metales en solución.

VII.2.3.2. Concentración de Cobre y Cadmio de acuerdo al Estadio Gonadal

No existió relación entre el estadio gonadal y la concentración de cobre. Sin embargo, se dio una relación altamente significativa entre el estadio gonadal y la concentración de cadmio sobre todo el estadio tres (Desove), el cual representó el 37.3% de los individuos con metal concentrado, esto concuerda con la relación encontrada por la correlación de Spearman entre el índice gonadosomático y la concentración de metales que indica que cuando los individuos están más aptos para reproducirse acumulan más metal. Cossa et al (1980) en su investigación en *Mytilus edulis* y Ahumada (1994) en su estudio de los tejidos de invertebrados Bénticos de Bahía San Vicente, Chile; reportaron el cadmio como metal con mayor factor de bioacumulación. De acuerdo a Ahumada (1994) el cadmio resultó el metal con mayor factor de acumulación en

todos los organismos analizados en los tejidos de invertebrados Bénticos de Bahía San Vicente, Chile, lo que al parecer depende de las características químicas de éste elemento y la capacidad del organismo para bioconcentrarlo; sobre todo en etapa de reproducción y la adaptación estacional.

VII.2.3.2. Acumulación de Metales: Cobre y cadmio de acuerdo al Sexo

La concentración de cadmio entre los organismos por sexo (hembra y machos) no mostró relación entre estos, lo que concuerda con lo reportado por Salamanca et al (2004) en su estudio sobre los niveles de Cu, Pb y Zn en Agua y *Perumytilos purpuratas* en Bahía San Jorge, Norte de Chile, quienes no encontraron diferencias significativas en la acumulación de metales entre machos y hembras; sin embargo el cobre presentó una correlación significativa en la concentración de metal entre sexos, es decir, que tanto hembras como machos mostraron una acumulación similar para este metal.

VII.3. Análisis de Sedimento

VII.3.1. Granulometría

De acuerdo al análisis realizado se determinó de manera individual que el sedimento del Estero Caté es arenoso, conformado principalmente en promedio por arena media; sin embargo este sedimento tiene casi igual proporción de representación de una gran amplitud granulométrica que va desde arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina; además de limo más arcilla; lo que concuerda con lo encontrado por Gómez et al (2001), quienes concluyeron que el sedimento de la playa El Salado está constituido básicamente

por arena con sus componentes correspondientes: arena muy gruesa, arena media y arena muy fina más limo y arcilla.

En tanto que en la Caracterización Geoquímica de los Sedimento Superficiales de la Bahía de Panamá, se obtuvo que la textura predominante fue también la arenosa, cuyas fracciones más abundantes fueron: arena gruesa, arena media y sobre todo arena fina. La predominancia de estos sedimentos arenosos medios, finos o muy finos es propia de ambientes marinos que poseen variaciones de energía cinética media suficientemente alta para arrastrar el material más fino y permitir la deposición del grueso, excepto cuando hay un cambio de dirección (Gómez et al 2006).

Ahumada (1992) encontró en Bahía San Vicente, Chile que el sedimento se compone de arena en entre ellas: arena gruesa en la parte central de la zona, arena media en mayor proporción promedio, arena fina, más limo y arcilla hacia los sectores laterales del lugar. Difiere de lo reportado por Acosta et al (2002) para las localidades de Boca de Páparo y Río Chico cuyos sedimentos estuvieron conformado por arena muy fina y limo mediano, con baja proporción de partículas con diámetro más grueso. Mientras que en playa Guiria determinaron porcentajes altos de arena muy fina y limo mediano, pero también de arena media, esto en su Estudio sobre los Niveles de Metales Pesados en Sedimentos Superficiales en tres Zonas Litorales de Venezuela.

La Kurtosis o agudeza gráfica se interpreta como la relación entre la clasificación de la zona central de la curva (50%) y las colas (95%) de la distribución y diferencia de sedimentos (Gómez et al 2006). En términos generales el sedimento del Estero Caté demostró ser arenoso prácticamente en toda su distribución con excepción de la estación 2 en junio, la cual fue pobremente seleccionada, con asimetría muy negativa y platikúrtico; es decir, que los valores de granulometría en la curva están distribuidos de manera relativamente homogénea; lo que contrasta con lo obtenido por Gómez et al (2006), quienes encontraron sedimentos leptokúrticos (Costa del Este, Rampa, Naos), muy leptokúrticos (Santo Tomás), extremadamente leptokúrticos (Panamá Viejo); o sea, que son sedimentos que muestran un proceso de acumulación libre y la deposición de granos muy próximos entre los valores externos centrales de la curva (50-90%) debida a una situación prolongada de energía cinética media que permite la deposición de esos detritos con una buena clasificación, pero a la vez encontraron sedimento mesokúrtico (Matasnillo); el cual se interpreta como ausencia de oscilaciones de energía cinética media en la región central de la distribución, provocando una buena clasificación; también reportaron que un total de 58.3% de los sedimentos totales son mal clasificados y un 41.7% muy mal clasificados.

Según el análisis de varianza no se reportaron diferencias significativas en la granulometría entre las estaciones en ninguna de las dos épocas del año; ni tampoco diferencias en la granulometría entre superficie (5 cm.) y fondo (10 cm.); además el sedimento no mostró variaciones granulométricas ni horizontales (entre estaciones), ni verticales (entre superficie y fondo); Para el Estero Caté.

En general el cobre mostró relación en el sedimento directamente con arena media (0,25 mm de diámetro), según González et al (2002) y Gómez et al (2006), a medida que el sedimento se hace más fino normalmente se encuentran mayores concentraciones de metales pesados en comparación con la granulometría más gruesa.

VII.3.2. Origen, Transporte, Deposición y Ambiente del material sedimentológico en el Estero Caté.

El sedimento del Estero Caté se origina en un ambiente fluvial, es transportado por rodamiento y saltación cerca del fondo y se deposita en un ambiente de característica fluvial, con influencia de zona marina costera de poca energía; lo cual difiere por lo encontrado por Gómez et al (2006), quienes concluyeron que los sedimentos de la Bahía de Panamá están sometidos a fuertes turbulencias con fluctuaciones amplias de energía cinética media, dando como resultado que la acumulación en la zona sea forzada.

VII.3.3. Análisis de Metales (cobre y cadmio) en sedimentos en el Estero Caté

Los elementos metálicos entran al sistema estuarino a través de la asociación a las partículas suspendidas, aunque la resuspensión desde los sedimentos de fondo, la entrada del metal y posterior precipitación y/o adsorción en las partículas no está descartada (Márquez *et al* 2000). Según Mogollón & Bífano (1985), los metales trazas esenciales y potencialmente tóxicos de fuentes naturales o antrópicas tienen cierta afinidad para acumularse y ser transportados por los sólidos suspendidos; mientras que Martínez (1988), afirma que una vez que entran en contacto con el medio marino son liberados debido al proceso de floculación que se da por

influencia del agua de mar sobre la del río, lo que permite que los metales sean acumulados en la materia orgánica del sedimento. En este caso los ríos son una de los principales vehículos de transporte, así como receptores de metales hacia las regiones marino costeras (Acosta *et al* 2002).

Se obtuvo un valor promedio de cobre de 74.54 $\mu\text{g/g}$ (± 33.04) lo que estaría incluido en los intervalos 0.1 a 86 $\mu\text{g/g}$ reportado para los sedimentos de Port Jefferson Harbor (Breslin & Sañudo – Whihelmy (1999) y 12.66 a 100.84 obtenido por Fuentes (2001) en la Laguna Los Patos, pero fue mayor a los obtenidos por Sadiq (1992), en sedimentos prístinos, que equivalió a 10 $\mu\text{g/g}$; Ahumada (1992), en Bahía San Vicente, con un promedio de 29.56 $\mu\text{g/g}$; Wedepohl (1995), en la corteza terrestre con un equivalente a 25 $\mu\text{g/g}$; Breslin & Sañudo-Wihelmy (1999); Ponce *et al* (2000), en Bahía Cádiz con 5 $\mu\text{g/g}$; Aström & Nylund (2000), en sedimentos lacustres de Finlandia, cuyo resultado fue de 39 $\mu\text{g/g}$; Fuentes (2001), con intervalo de 1.81 a 7.91 $\mu\text{g/g}$ en la Laguna Chacopata; Acosta *et al* (2002), que reportaron niveles de cobre para Playa Güria de 0.8 $\mu\text{g/g}$, en Río Chico de 11.52 $\mu\text{g/g}$ y para Boca de Paparo de 46.1 $\mu\text{g/g}$ en Venezuela y Fuentes (2008), en el Muelle Pesquero de Güiria, con 15 $\mu\text{g/g}$. Sólo fue menor al valor de 129 $\mu\text{g/g}$ encontrado para la estación del mercado público, Bahía de Panamá por Gómez *et al* (2006), aunque estos informaron un intervalo general de cobre entre 17 a 43 $\mu\text{g/g}$. Este registro podría estar relacionado con prácticas agro-ganaderas e industriales propias de la zona. Este metal mostró una relación significativa con arena media (0,25 mm de diámetro) y también con el pH. Según González *et al* (2002) y Gómez *et al* (2006), a medida que el sedimento se hace más fino normalmente se encuentran mayores concentraciones de metales pesados en comparación con la granulometría más gruesa y de acuerdo con Márquez *et al* (2000) y Martínez

& Senior (2001) los cambios de las fuerzas iónicas que tienen lugar en la interfase agua de río-agua de mar y el Ph son los responsables de los procesos de floculación que rigen el comportamiento en este material y provocan la liberación de dichos metales, lo que permite su posterior acumulación en los sedimentos.

Las descargas de Cu en la biosfera son debidas principalmente a actividades humanas, especialmente minería, producción y refinería de Cu, y el tratamiento y reciclado de desechos industriales y desperdicios. Los compuestos de Cu son altamente usados como plaguicidas en el control de algas y macrófitos. También son usados en la agricultura, en productos veterinarios y médicos, en la industria de alimentos y como preservantes de maderas y otros materiales (Plassche 1997; Eisler 2000; Quilodrán 2002).

El cobre puede entrar al estuario en forma de partículas suspendidas, aunque no se descarta que también puedan entrar en solución y luego precipitar o adsorverse en las partículas (Márquez *et al* 2000). Martínez & Senior (2001) concluyen que se da una coprecipitación del cobre en las partículas coloidales de los oxihidróxidos de hierro y manganeso que se forma durante el periodo de mezcla de las de río y marinas en la pluma de dispersión.

Se le confiere al Cu junto con el Zn una alta movilidad geoquímica, cuando en suspensión están sometidos a procesos de fracciones, en la cual la fracción fácilmente reducible o asociada con óxidos e hidróxidos amorfos de hierro y manganeso se acumula entre el 82-90% de la concentración total; mientras que la fracción orgánica y residual o asociada a las fases minerales se encuentra a menos del 7% de las concentraciones totales (Carro *et al* 2005).

En tanto que la mayor concentración promedio de cadmio para Caté fue de $0.10 \mu\text{g/g}$ (± 0.05), la cual fue está incluida en el intervalo de $0.00\text{-}0.48 \mu\text{g/g}$ reportado para los sedimentos de La Laguna Chacopata en Venezuela por (Fuentes 2001); sin embargo fue mayor a la detectada por Fuentes (2008), en el Muelle Pesquero de Güiria (fuentes 2008), con Variaciones desde no detectado hasta $0.05 \mu\text{g/g}$; pero menores a las obtenidas por Sadiq (1992), en sedimentos prístinos, que fue de $1 \mu\text{g/g}$; Ahumada (1992), en Bahía San Vicente, con un valor de $2.92 \mu\text{g/g}$; Ponce et al (2000), que oscilo entre $0.18\text{-}0.23 \mu\text{g/g}$; Aström & Nylund (2000), en sedimentos lacustres de Finlandia, cuyo resultado fue de $2.3 \mu\text{g/g}$; Fuentes (2001), para la Laguna Los Patos con valores entre $0.21\text{-}6.92 \mu\text{g/g}$; Acosta et al (2002), que reportaron valores de cadmio en Venezuela, en Río Chico de $1.28 \mu\text{g/g}$ y para Boca de Paparo de $23.7 \mu\text{g/g}$; y Gómez et al (2006), con un intervalo entre 0.13 a $0.58 \mu\text{g/g}$. Lo que coincide con lo expresado por estos mismos investigadores de que ha pesar de que existe un aporte contaminante, este no ha alcanzado un nivel crítico.

La producción de cadmio proviene en un 90% de fuentes antropogénicas, ligado a la producción del Zn y a desechos de la producción de plásticos, pinturas, aleaciones de diversos metales y a otras operaciones de tipo industrial, galvanización, en producción de pigmentos y en la manufactura de estabilizadores plásticos y baterías, además de polvo y humos de refinerías, productos de incineración de materiales relacionados con Cd y combustión de combustible fósiles, fertilizantes y desechos municipales y descargas de sedimentos (Eisler 2000).

Martínez & Senior (2001), identificaron que el cadmio en los estuarios está vinculado a oxihidróxidos de manganeso y carbonato, oxihidróxidos de hierro, sulfuros metálicos, fracciones de partículas de sedimento y material refractario del río. Dicho comportamiento indica un aporte de cadmio fácilmente extractable de las aguas residuales industriales y domésticas vertidas al río, a materiales abrasivos, asbestos, pinturas, barnices que usan astilleros y varaderos que pueden llegar al medio marino y estuarino en los efluentes líquidos y desechos sólidos vertidos en la margen costera o en los aerosoles transportados por los vientos dominantes en la zona, o también por escorrentías continentales que lavan los suelos y mineralógica local que descargan en la costa (Narváez et al 2005).

El material en suspensión presenta una alta proporción de metales que pueden estar adsorbidos como hidróxidos de manganeso muy reactivos (Cu, Cd y Zn) los cuales pueden ser liberados muy fácilmente de las partículas en suspensión por los organismos superiores y las bacterias. El cobre y el cadmio son metales muy tóxicos para la biota marina y el hombre, lo que indica que su presencia en sedimentos superficiales constituyen un peligro potencial para el ecosistema en estudio (Martínez & Senior 2001; Martínez et al 2002).

Las modificaciones físico-químicas en el entorno de los sedimentos pueden hacer biodisponibles sustancias como el cobre y cadmio, debido a la removilización de los sedimentos, las concentraciones de metales pesados y su distribución debido a la hidrodinámica mareal; los organismos independientemente de su localización pueden verse afectados por la incorporación de estos contaminantes metálicos (Luque et al 1998). Investigaciones recientes sugieren que el nivel de contaminantes metálicos en los sedimentos superficiales de estuarios está asociado con

las caídas en las poblaciones piscícolas, moluscos y crustáceos; con una diversidad específica más baja y varias enfermedades. Otros estudios han demostrado que los agentes antifouling usados para pintar las partes sumergidas de embarcaciones pequeñas, poseen un alto contenido de cobre y cadmio que provocan contaminación y efectos indeseables en ambientes marinos (Fuentes & Gómez 2000; Castillo et al 2005).

Las remociones que ocurren a bajas salinidades y la disminución de las concentraciones del material en suspensión con el aumento de la salinidad sugieren que posiblemente, los cambios de las fuerzas iónicas que tienen lugar en la interfase agua de río-agua de mar y el Ph son los responsables de los procesos de floculación que rigen el comportamiento en este material y provocan la liberación de dichos metales, lo que permite su posterior acumulación en los sedimentos (Márquez et al 2000; Martínez & Senior 2001). En zonas estuarinas se ha demostrado un efecto inverso con respecto a la salinidad en donde la concentración de metales pesados disminuye cuando se incrementa la salinidad (Márquez et al 2000).

Las concentraciones de metales en los sedimentos aumenta progresivamente hacia la zona exterior y concuerda con el transporte y deposición progresiva de partículas finas hacia el máximo de turbidez (Janiot et al 2001). Estudios de Durán & Gómez (2001), revelaron que las mayores concentraciones totales de metales se encuentran en zonas de mayor influencia de la marea y que disminuyen progresivamente hacia las zonas internas de los sistemas estuarinos. Según Luque et al (1998), los puntos más bajos más aislados de la incidencia mareal y los más expuestos a mar abierto registran niveles más bajos de contaminantes metaloides.

VII.3.3.1. Prueba de análisis de conglomerado (Cluster Análisis) para determinar semejanza en estaciones en cuanto al cobre y cadmio.

Según los resultados, tanto para el cobre como para el cadmio indican que no existe semejanza entre todas las estaciones, lo que demuestra que no se da un gradiente de distribución espacial para ninguno de los dos metales a lo largo de las estaciones de muestreo; esto concuerda con lo reportado por Luque et al (1998), en la Distribución de Metales pesados en Sedimentos de las Marismas del Odiel (Huelva, S.O. España), cuyas muestras no reflejan un patrón marcadamente definido de la carga de metales pesados en los sedimentos del Paraje Natural. No se encontró un claro gradiente en el que todas las muestras más elevadas se localizaron en una zona concreta, y a medida que se alejaron de esta, las concentraciones fueron disminuyendo. Salamanca et al (2004), en Bahía San Jorge, Norte de Chile para las concentraciones de Pb y Zn no encontraron un gradiente de distribución espacial al considerar las desviaciones estándar de las concentraciones promedio.

VII.4 Relación de la concentración de metales (cobre y cadmio) entre los sedimentos y *A. tuberculosa*.

No se dio relación entre la concentración de cobre y cadmio en el sedimento, con la concentración de estos metales en *A. tuberculosa*. Al respecto ahumada (1994) en los filtradores *Glycimeris ovatus*, *Tagelus dombeii* y *Choromytilus chorus*; Gómcz (1998); en *Lima scabra*; O'Leary & Breen (1998), en *Mytilus edulis*, y Ferrer et al (2003) en las larvas del cangrejo *Chasmagnathus granulata*, concluyeron que la capacidad de bioconcentración de un determinado metal en estos organismos estudiados fue independiente de la concentración del metal en el medio, ya fuera en el agua, material particulado o sedimento.

VIII. CONCLUSIONES

- Los parámetros físico-químicos no mostraron relación significativa con respecto a los desoves y los niveles de metales trazas en tejido gonadal.
- *A. tuberculosa* creció unos 2.6 mm por mes
- El promedio de biométricos registrados fueron 53.64 mm (talla), 33.71 mm (anchura), 37.97 mm (altura) y 10.15 g (peso),
- Las tallas, anchura, altitud y peso fueron mayores para la temporada intermedia – lluviosa y menores para la temporada seca.
- Conforme aumentó la longitud de *A. tuberculosa* se incrementó proporcionalmente el peso, la anchura y la altura, en una correlación significativa.
- La proporción de sexos (machos-hembras) fue de 1:1
- El máximo desove ocurrió en el mes de abril.
- Los niveles de metales trazas en tejido gonadal no sobrepasaron los límites máximos permisibles.
- Se encontraron mayores concentraciones de metales trazas en las gónadas en época intermedia lluviosa que en época seca.
- Se dio una relación altamente significativa entre el estadio gonadal y la concentración de cadmio, sobre todo en el estadio desovado que representó un 37,3% de los individuos con metal concentrado, es decir, a medida que los individuos están aptos para desovar bioacumulan más cadmio, al parecer depende de las características químicas de éste elemento y la capacidad del organismo para bioconcentrarlo.

- El sedimento se caracterizó por ser totalmente arenoso, sin diferencias entre estaciones, ni épocas del año.
- El pH mostró relación significativa con la concentración de Cu en sedimento.
- El Cu mostró mayor afinidad con la arena media (0.25 mm) y presentó diferencias significativas con respecto a los meses de colecta; mientras que el cadmio exhibió las diferencias entre estaciones de muestreo, pero no tuvo relación con ninguna otra variable explorada.
- En sedimento el cadmio, no superó las concentraciones encontradas en sedimentos prístinos, mientras que el cobre mostró un nivel máximo, muy por encima de los límites encontrados para sedimentos prístinos, relacionado posiblemente con las prácticas agro-ganaderas e industriales propias de la zona.
- No se dio un patrón de distribución espacial de los metales en los sedimentos de acuerdo a las estaciones de muestreo.
- No se encontró relación de la concentración de metales entre las dos matrices *A. tuberculosa* y sedimento.

IX. RECOMENDACIONES

- Monitorear el nivel de contaminación por metales trazas en otras áreas sensibles del golfo de Montijo, a través de la realización de nuevos estudios que incluyan otras variables, también el análisis de metales en agua, la fracción biodisponibles en los sedimentos y la inserción de otros metales tóxicos para los ecosistemas costeros y a la vez, la investigación simultánea de determinación de la presencia y concentración de agroquímicos.
- Iniciar las investigaciones en meses donde la temporada lluviosa este mucho más acentuada y con mucho mayor escorrentía (septiembre, octubre, noviembre), para que la determinación de la concentración de los metales en las distintas matrices en esta época, sea más cónsona con lo esperado.
- Que se establezcan límites máximos permisibles, ya sea para concentración de metales o agroquímicos en agua, sedimento u organismos, de acuerdo a las condiciones propias que caracterizan a nuestro país.

X. BIBLIOGRAFÍA

Ábrego S., J. A. e I. N., Gómez T. 2001. Abundancia, Distribución y Morfometría de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia : Arcidae) en el Estero los Lajones, Puerto Pedregal, Golfo de Chiriquí. Tesis de Licenciatura. 113 pp.

Acosta, V., C. Lodeiros, W. Senior y G. Martínez. 2002. Niveles de Metales Pesados en Sedimentos Superficiales en Tres Zonas Litorales de Venezuela. Interciencia. Vol. 27° N 12.

Acosta, V. y C. Lodeiros. 2004. Metales pesados en la almeja tivala macrotroides. Born, 1778 (Bivalvia: Venezuela) en localidades costeras con diferentes grado de contaminación en Venezuela. Ciencias Marinas. Vol 30 N° 2: 323-333.

Ahumada, R. 1992. Patrones de Distribución Espacial de Cr, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb, en Sedimentos Superficiales de Bahía San Vicente Chile. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. Vol. 27 (2): 265 - 282.

Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb, Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. Vol. 29:77-87.

Alba – Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. IV. Siaga. 2: 203 – 213.

Andrade, J., C. Martins, L. Charceddine. & G. Martínez. 1997. Metales pesados en el poliqueto tubícula. *Americanopolis magna* (Andrew, 1891) (Annelida: Polychaeta) Rev. Saber, 1 (9), 12-16.

Ampie, C. L., y R. A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez Sexual de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. Brenesia 31: 21-24.

APHA, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th. APHA, AWWA, WPCF. Washington D. C., pp 1193.

Aström, M. & Nylund. 2000. Impact of historical metalworks of the concentración of major and trace elements in sediments: a case study in Finland. Applied Geomestry 15:807 – 817.

Ayres, M.; M. Ayres Jr.; D. L. Ayres & A. S. Santos. 2007. BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém, Pará, Brasil.

Baqueiro C., E., M. Muciño D., y R. Merino M. 1982. Análisis de una Población de Pata de Mula *Anadara tuberculosa* Sujeta a Explotación Intensiva en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, Mexico. Ciencia Pesquera Inst. Nal. Pesca. Sría. Pesca México (3): 75 – 82.

Bayne, B. L. 1976. Marine Mussels: Their Ecology and Physiology. Cambridge University Press, Cambridge, 506 pp.

- Benavides A. M y R., Carrión. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* (Mollusca:Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce. Costa Rica. Rev. Bio. Trop. 49 Supl 2:315-320.
- Binning, K. & D. Baird. 2001. Survey of heavy metals in the sediments of the Swartkops river Estuary, Port Elizabeth South Africa. Water S.A Vol.27 N°4, 461-467.
- Borrero, F. 1986. The collection of early juveniles of *Anadara* spp. as a potential source of seed for culturing mangrove cockles on the Pacific Coast of Colombia. Aquaculture, 59: 61-69.
- Borda C. y Cruz R. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico Colombiano. Rev. Invest. Mar. 25 (3):185-195.
- Breslin, V. & S. Sañudo – Wilhelmy. 1999. High spatial resolution sampling of metals in the sediment and water column in Port Jefferson Harbor, New York. Estuaries 22 (3a): 669 – 680.
- Broom, M. J. 1982b. Analysis of the growth of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) in natural, artificially seeded and experimental populations. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9: 69-79.
- Broom, M. J. 1983b. Gonad Development and Spawning in *Anadara granosa* (L.) (Bivalvia: Arcidae). Aquaculture, 30: 211-219.
- Broom, M.J. 1985. The Biology and Culture of Marine Bivalve Molluscs of the Genus *Anadara*. ICLARM. Studies and Reviews 12. ICLARM, Manila, Filipinas. 37p.
- Bull, W.B. Relation of textural (CM) patterns to depositional environment of alluvial-fan deposits. J. Sed. Petrol. 32(2):211-216.
- Cabrera J.H., M.P. Quezada., M. Urriola & O. Sáez. 2001. Crecimiento y madurez sexual de una población de *Saccostrea palmula* (Mollusca:Bivalvia), Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49 (3-4):877-882.
- Cámara, A. R.; F. Díaz; J. Martínez; M. Morón; E. Gómez; E. Tabares & A. Vega. 2004. Directrices para la conservación y desarrollo integral de un humedal Centroamericano. Golfo de Montijo (Litoral del Pacífico de Panamá). ANAM-Cooperación Española. 295 p.
- Campos J. A; M. L. Cournir & R. Soto. 1990. Estimación de la población de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Sierpe- Térraba, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 38 (2B): 447-480.
- Campos, N., H. 1997. Contaminación del Medio Marino. Curso Internacional al Manejo Integrado de la Zonas Costeras. Universidad de los Andes. Colombia. 20 pp.
- Castañe P.M, M.L Topollian, R. R. Cordero & A. Salibián. 2002. Influencia de la Especiación de los Metales Pesados en Medios Acuáticos como Determinante de su Toxicidad. Rev. Toxicología Vol 20: 13-18.

Castillo, I., V. Acosta, G. Martínez y M. Núñez. 2005. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón, *Perna perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Estado sucre, venezuela. *Zootecnia Tropical*. Vol. 23 N°2.

Carmody, O. J., B. Pearce & J. Yasso. 1973. Trace metals in sediments of New York Bight. *Mar. Poll. Bull.* 4: 132-135.

Cedeño M., C. C. y L. Del C. Dutari C. 2006. Calidad Biológica del Agua y Entomofauna Acuática Asociada al Río Cate, Sona. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 61pp.

Charles, A. 1972. Maduración gonádica y fijación de *Cassostrea Rhizophorae* en una laguna hipersalina del Nororiente de Venezuela. Tomo 32, N°93:218-219.

Chiang A., J. J. (1989) Niveles de metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V región de Chile. *Rev. Pacífico sur*. 205-208.

Cossa, D. E. B., Poulit, J. Piuze & J. Chanut. 1980. Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 58, 7 – 14.

Crapez, M, J. Baptista & M. Bispo. 2003. Bacterial enzymatic activity and bioavailability of heavy metales in sediments from Boa Viagem Beach (Guanabara Bay). *Instituto de Geociencias* Vol.26, 60-68.

Cruz S., R. A. 1982. Variación Mensual del índice de Condición del Molusco jry- *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 30(1): 1-4.

Cruz R. A y J. A Palacios. 1983. Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop*-31 (2) 175-179.

Cruz, R.A. 1984a. Algunos Aspectos de la reproducción de *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 32(1):45-50.

Cruz, R. A. 1984b. Algunos Aspectos Reproductivos y Variación Mensual del Aspectos índice de Condición de *Anadara similis* (Pelecypoda: Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *BRENESIA* 22: 95-105.

Cruz, R. A. 1986. Caracteres Generales, Edad y Crecimiento de *Anadara grandis* (Pelecypoda: Arcidae) *UNICIENCIA* 3(1-2): 25-29.

Cruz, R. A. 1987 a. Tamaño y Madurez Sexual en *Anadara grandis* (Pelecypoda: Arcidae). *BRENESIA* 27: 9-12.

Cruz, R.A. 1987 b. The Reproductive Cycle of the Mangrove Cockle *Anadara grandis* (Bivalvia: Arcidae) in Costa Rica. *BRENESIA* 27: 1-8.

Cruz, R. A. y J. A. Jiménez. 1994. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la costa Pacífica de América Central. Edit. Fundación UNA: 1-175.

Dalziel, J. & C. Baker. 1983. Analytical methods for measuring metals by atomic absorption spectrophotometry. FAO Fis. Tech., 212:14-20.

Durán I. L. y J. A. Gómez. 2001. Concentración de Fe, Cu y Zn en los tejidos de *A. tuberculosa* (Pelecípoda. Arcidae) durante la estación lluviosa y seca (octubre 1998-marzo 1999) en Punta Chame, Panamá, Rep. Panamá. Scientia Vol. 26 N° 1, 43-51.

Durán I. L., M. V. Fuentes y J. A. Gómez, 2004. Concentración de cadmio, plomo y cobre en *Anadara tuberculosa* en manglar de isla Taborcillo, Punta Chame, República de Panamá. Tecnociencia, Vol. 6 N°2, 91-104

Ecotropia. 2003. Actualidad y recursos de las Ciencias Ambientales. Metales Pesados y Tamaño de los Peces, <<http://www.ecotropia.com/n2040503.htm>> (acceso 6/09/08)

Eisler, R. 2000. Handbook of Chemical Risk Assessment. Health, Hazard to Humans, Plants and Animals. Lewis Publishers, Boca Ratón, Florida. 650 pp.

Escobar J. 2002. Recursos naturales e infraestructuras Series. CEPAL. (50):72.

FAO. 1988b. Manejo integral de un área de manglar. Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, Costa Rica, información básica. Informe preparado para el gobierno de Costa Rica por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en la labor de Isabel Martín Núñez. 140 p.

FAO.1995. Guía para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro Oriental. Volumen 1, Plantas e invertebrados. Roma. P. 100 – 118.

FDA (U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION—CENTER FOR FOOD SAFETY & APPLIED NUTRITION). 2001. Fish and fisheries products hazards and control guidance.[en línea]. Third Edition. June 2001. <<http://www.cfsan.fda.gov/~comm/haccp4i.html>>

Fermín, J. y J. Bonilla. 1998. Aplicación de análisis multivariante al contenido de metales pesado en sedimentos de la Bahía de Bergantín, Estados Anzoátegui, Venezuela. Scientia. Vol. 13 N° 1, 61-71.

Ferrer, L., J. S. Andrade, E. Contradí, R. Asteasuain & J. Mar covecchio. 2003. Copper and zinc concentrations in Bahía Blanca. Estuary (Argentina), and their acute lethal effects on larvae of the crabs *Chasmagnathus granulata*. Chemical Speciation and Bioavailability Vol.15 N°1, 7-15.

Fournier, M.L. 1992. The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea iridescens* (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. Aquaculture: 101.

- Fournier, M.L. & E. De la Cruz. 1987. Reproduction of the cockle *Anadara grandis* in Costa Rica. ICLARM : p.6.
- Friedman, G.M. 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. J. Sed. Petrol. 31:514-529.
- Fuentes, M. V. 1999. Metales trazas en los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, Estado sucre, Venezuela. Scientia Vol. 14 N° 1, 97-116.
- Fuentes, M. V. y J. A. Gómez. 2000. Metales trazas en *Ascidia nigra* (Savigny, 1816) colectada en zonas costeras del Estado Sucre, Venezuela Scientia Vol. 15 N° 2, 45-59.
- Fuentes, M. V. 2001. Análisis comparativo de metales trazas (Cd, Cu, Cr, Zn, Ni, y Pb) en los sedimentos de dos lagunas costera del Estado Sucre, Venezuela. Tecnociencia Vol. 3 N° 2.
- Fuentes, H., M. V. 2008. Metales Pesados Cu, Cr, Ni, Zn, Pb y Cd en los sedimentos del Muelle pesquero de Güira, Estado sucre, Venezuela. Tecnociencia Vol: 10 N° 2, 61-79.
- García – Céspedes, J., J. Acuña – González & J. A. Vargas – Zamora. 2004. Metales traza en sedimentos costeros de Costa Rica. Biología Tropical 52 (Suppl. 2): 51 – 60.
- Gómez, J. A. y J.Villaláz.1988. Ciclo anual de Maduración Sexual de la conchuela *Argopecten circularis*. Rev. Scientia Vol 3, N°1:67-77.
- Giese, A. & J. S. Pearse. 1979. Reproduction of Marine Invertebrates. Academia Press Inc. E.E.U.U. 369 pp.
- Gómez, J. A. 1998. Efectos de la toxicidad del cobre y cadmio en una población natural del bivalvo *Lima scabra* (Born, 1778): Aspectos genéticos, bioquímicos y reproductivos. Tesis Doctoral en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 100 pp.
- Gómez, J. A., M. I. Segnini de Bravo & M. V. Fuentes. 1998. Efecto del Cobre sobre la condición fisiológica de *Lima scabra*, medida por la razón ARN/ ADN. Scientia Vol 13 N° 1, 27-34.
- Gómez, J. A., M. V. Fuentes, O. Leone y C. A. Vega. 2006. Características Geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Bahía de Panamá. Tecnociencia. Vol. 8 N° 1, 113-132.
- Gutiérrez-Galindo, E., G. Flores, G. Olguin y J. Villaescusa.1990. Biodisponibilidad de metales trazas en almejas y mejillón del valle agrícola de Mexicali y Alto Golfo de California. Ciencias Marinas, 16(4):1-28.
- Hadfield, A.J. - & D.T. Anderson. 1988. Reproductive Cycles of the Bivalve Molluscs *Anadara trapezia* (Deshayes), *Venerupis crenata* Lamarck and *Anomia descripta* Iredale in the Sydney Region. Aust.J. mar. Freshwater Res. 39:649-660.

Holme, N.A. & A.D. McIntyre. 1971. Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 16. Blackwell Scientific Publications. 334 pp.

Hossain, M.d., & Y. K Lan. 2001. Trace metals in Penaeid Shrimp and Spiny lobster from the Bay of Bengal. Science Asia Vol.27, 165-168.

Janiot, L. E. Sik, O. Marcucci, A. Gesino, D. Molina, L. Martínez & P. Marcucci. 2002. Contaminantes Orgánicos persistentes (Cops) y metales pesados en agua y sedimentos del Río de la Plata y su frente Marítimo. Departamento de Oceanografía-servicio de hidrografía naval, Buenos Aires, Argentina. 7pp.

Jordán, L. y J. A. Gómez. 2006. Evaluación Biológica de *Anadara tuberculosa* en el Golfo de Montijo, República de Panamá. Tecnociencia Vol. 8, Nº 2.191-205.

Keen, A. M. 1971. Sea shells of tropical west America. 2da. Edition. Stanford university Press, Stanford California. 1064 p.

Krumbein, W. 1936^a. Application of logarithmic moments to size frequency distributions of sediments. J.Sed. Petrol. 6(1): 35-37.

_____, 1994^b. some remarks on the phi notation. J. sed. Petrol. 34 (1): 195-197.

Kuncheva, L. I., J. Wrench, L.C. Jain & A. Al-Zaidan. 2001. A fuzzy model of Heavy metal loadings in Marine Environment. Springer-verlag, 2001, 355-371.

Krauskopf, K. B & D. K. Bird. 1995. Introduction to Geochemistry. Mc Graw- Hill. N. Y. 648 p.

Landner, L & K. Beijer. 1980. Forms of occurrence and Biotransformations of metal compounds in the aquatic environment. FAO/SIDA Workshop on Aquatic Pollution in Relation to Protection of Living Resources, 6, Nairobi-Mombasa (Kenya), 12 Jun 1978 / FAO, Rome (Italy), 1979, p. 71-85.

Laksmanan, P. & P. Nambisan. 1983. Seasonal variations in trace metal content in bivalve mollusks, 12: 100 – 103.

Lombardo, R. C. 2004. Calidad Biológica del Agua en la Cuenca Media – Baja del Río Santa María. Tesis de Licenciatura. 53 pp.

Luque, C. J., E: Castellano, J.M. Castillo, M. González & M.E. Figueroa. 1998. Distribución de Metales Pesados en sedimentos de las marismas del Odiel, Huelva, SO. España. Cuaternario y Geomorfología. Vol. 12 Nº 3-4, 77-85.

Maldonado, J.V. 2006. Aspectos Biológicos y Pesqueros de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Puerto Morro entre septiembre y diciembre 2005. Instituto Nacional de pesca. Investigación de los Recursos Acuáticos y su Ambiente. www.inp.gov.ec

Márquez, A., W. Senior y G. Martínez. 2000. (Concentraciones y comportamiento de metales pesados en una zona Estuarina de Venezuela. *Interciencia* Vol. 25 N°6, 284-291.

Martínez, M. 1988. Influencia del agua de mar sobre los fenómenos de acumulación y remoción de las especies químicas: Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+ , Fe^+ , Co , Cl^- y SO_4^- , en sedimentos secos de la cuenca del Río Tuy. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 116 pp.

Martínez, G y W. Senior. 2001. Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu, Cr) en el material en suspensión de la pluma del Río Manzanares, Venezuela. *Interciencia* Vol. 26 N°2, 53-61.

Martínez, G. y W. Senior. 2002. Especiación de (Cd, Zn, Cr, y Pb) en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Interciencia* Vol. 27 N°4, 173-179.

Martins, L.R. 2003. Recent sedimentos and grain-size analysis. *Gravel* 1:90-105.

Mendoza, N., O. A. 2002. Estructura por Tallas, Densidad Poblacional y Relación Peso Longitud de *Anadara tuberculosa* en los Manglares de Puerto Pizarro y Zamurilla – Tumbes, Perú. Informe Técnico.

Meyers, N. 1984. *Ocean in Gaia. An Atlas of Planet management.* An char press, Garden City, N.Y., 1984. p 74.

Mogollón, J. y C. Bifano. 1985. Estudio geoquímico de contaminación por metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. *Memorias VI congreso Geológico Venezolano.* p. 1928.

Mora, E. y J. Moreno. 2007. Abundancia y Estructura Poblacional de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* en las principales Áreas de Extracción de la Costa Ecuatoriana. Informe Técnico, INP.

Mora, E. y J. Moreno. 2009. Estado de la Pesquería del Recurso Concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la Costa Ecuatoriana. Informe Técnico, INP.

Narváez, N., C. Lodeiros, O. Nusetti, M. Lomus y A. N. Maeda. 2005. Incorporación, Depuración y Efecto del Cadmio en el mejillón *Perna viridis* (L.1758) (Mollusca: Bivalvia). *Ciencias Marinas.* Vol.31: 91-102.

O' Leary C. & J: Breen. 1998. Seasonal variation of heavy metals in *Mytilus edulis*, *Mytilus vesiculosus* and sediment from the Shannon. *Estuary. Biology and Environment* Vol.9813 N°3, 153-169.

Palacios J.A, R. A. Cruz, J. Bolaños y J.A Rodríguez. 1986. Estudio sobre la Biología de *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) III. Ciclo reproductivo. *Brenesia* 25-26:23-32.

Pathansali, D. 1961. Notes of the biology of cockle, *Anadara granosa* L. *Proc. Indo-Pacific Fish.* 11(11): 89-98.

Pizarro J. F. y R. A. Cruz. 1986. Ciclo reproductivo de la almeja *Protothaca grata* (Pelecypoda: veneridae). *Brenesia* 27:23-34,1187.

Plassche, E. 1997. Environmental Risk assessment for Cooper in the Netherlands. *Advances in Risk assessment of Copper in the environment*. 49 – 55 Pp.

Ponce, R., J. Forja y A. Gómez – Parra. 2000. Influencia de la actividad antropogénica en la distribución vertical de Zn, Cd, Pb y Cu en agua intersticial y sedimentos marinos costeros (Bahía de Cádiz, SW de España). *Ciencias Marinas* 26 (3): 479 – 502.

Quijano, C. Y., y I.M. Vega. 2000. Estructura de Talla, Reproducción y Biometría de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Parque Nacional Coiba. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá.

Quilodrán, B. 2002. Síntesis y Caracterización de polímeros con capacidad extractivas de iones metálicos con impacto en el medio ambiente. Tesis de Magister en Ciencias, mención Química Universidad de Concepción.

Quintana, R. S. y Aparicio, O. R. 1997. Alimentación Natural de los peces del Golfo de Montijo Veraguas. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Panamá.

Rainbow, P. S. 1997. Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans. *Estuarine, Coastal and Sheff Science*. 44: 169 – 175.

Ravera, O. & N. Riccardi. 1997. biological monitoring with organism accumulator of pollutants. *Marine chemistry* Vol, 58: 313-318.

Riba, I., E. García-Luque, J. Blasco & T.A. Delvals. 2003, Bioavailability of heavy metals bound to estuarine sediments as a function of pH and salinity. *Values. Chemical Speciation and Bioavailability*. Vol.15 N° 4, 101-116.

Ritz, D. A., R. Swain & N. G. Elliott. 1982. Use of the mussel *Mytilus edulis planulatus* (Lamarck) in monitoring heavy metal levels in Seawater. *Aust. J. Mar. Freshwater Res*, 33:491-506.

Rodríguez, G., y F. González. 1995. Evaluación de Algunos Aspectos de la Biología de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Manglar de Diáfara, Mariato-Veraguas, Panamá. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. 54 p.

Ruiz, F. J. A. Gómez, J. Villalaz y J. Dutary. 2001. Estudio preliminar de plaguicidas organoclorados en sedimento marino superficiales de las playas del Salado y Agallito, República de Panamá. *Scientia* Vol.16 N° 2, 45-51.

Sadiq, M. 1992. Toxic metal Chemistry in marine environments. Marcel Dekker. INC. New York. USA. 389 pp.

Sahu, B.K. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. J.Sed. Petrol. 34:73-83.

Salamanca, M., B. Jara y T. Rodríguez. 2004. Niveles de (Cu, Pb y Zn) en agua y *perumtilus purpuratus* en Bahía San Jorge, Norte de Chile. Gayana Vol. 68 N°1, 53-62.

Scelzo, M. A. 1997. Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris*, Bate (Crustacea, Decapada, Penaeidae). Valparaíso Vol. 25, 177-185.

Scheiner, B.J., F.M. Doyle & S. K. Kawatra (Eds). 1989. Iotechnology in minerals and Metal Processing of Minino Engineers Inc. Littleton (CO), 209 pp.

Shepard, F. 1973. Submarine geology. Third edition. Harper & Row publishers, Inc. 517 pp.

Shubert, E. 1984. Algae as Ecological indicators. Academia press (London) pp. 434.

Silva A.M. & R.C. Bonilla. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similes* (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49, 2:315-320.

Sibaja, W.G. 1986. Madurez Sexual en el Mejillón Chora *Mytella guyanensis* Lamarck 1819, (Bivalvia: Mytilidae) del Manglar en Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. Rev.Biol.Trop. 34(1): 151-155.

Squires, H. L, O. Barona & O. Mora. 1975. Mangrove Cockle, *Anadara sp.* (Mollusca:Bivalvia) of the Pacific COSAT of Colombia. Velinger 18 (1) : 57-69

Stringer, R. L., K. Brinden y I. Labunska. 2000. Identificación de contaminates orgánicos y metales pesados en sedimentos y efluentes del Polo Petroquímico de Bahía Blanca, Argentina. Laboratorios de Investigación Greenpeace. 33 pp.

Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. Editora Blucher/ Ed. Universidade de São Paulo. 317 pp.

Toral-Barza, L. & E.D. Gómez. 1985. Reproductiva cycle of the cockle *Anadara antiquata* L. in calatagan, Batangas, Philippines. Journal Coastal Research. 1(3): 241-245.

Tripaldi, A. Análisis mecánico de sedimentos. En Marensi, S.A. & A. Tripaldi (Ed.). Fundamentos de Sedimentología y Estratigrafía. Departamento de Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

UICN. 1996. Diagnóstico del Estado de los Recursos Naturales, Socioeconómicos e institucionales de la Zona Costera del Golfo de Fonseca. Proyecto Regional. Conservación del os ecosistemas del Golfo de Fonseca (PROGOLFO). 20 pp.

Universidad de Panamá. 1974. Diccionario Geográfico de Panamá. Editorial Universitario. 4 tomos.

Vega, A.J. 1994. Estructura de población, rendimiento y épocas reproductivas de *Anadara spp.* (Bivalvia: Arcidae) en la reserva Forestal Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica - con recomendaciones para su manejo. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 119 p.

Vega, A. 2004. Evaluación del recurso pesquero en el Golfo de Montijo. Primera Edición. Impresiones Marín. 56p.

Wentworth, C. 1936. Discusión: The method of moments. J. sed. Petrol. 6(3): 158-159.

Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. Mar. Pollut. Bull., 16 (4): 153-158.

Villalobos, C.R. & A.L. Báez. 1983. Tasa de Crecimiento y Mortalidad en *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) bajo dos Sistemas de Cultivo en el Pacífico de Costa Rica. Rev. Lat. Acui. 17:1-54.

Visher, G.S. 1969. Grain size distribution and depositional processes. J. Sed. Petrol 39(3):1074-1106.

Ward, T. & R. Correll. 1992. Estimating background levels of heavy metals in the marine environment. In: A.G. Miskiewicz ed. "Proceedings of Bioaccumulation Workshop", Sydney, 1990.

Wedepohl, K. H. 1995. The Composition of the continental crust. Geochim. Cosmochim. Acta 59, 1217 – 1232.